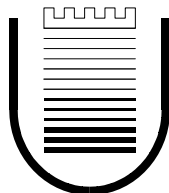


**Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"**



**Facoltà di Ingegneria**

**Tesi di Laurea Specialistica in Ingegneria Gestionale**

**MODELLI DI DOMANDA PASSEGGERI PER LA  
STIMA DELLA MOBILITÀ A SCALA  
NAZIONALE**

Relatore

**Prof. Ing. Umberto Crisalli**

Correlatore

**Ing. Simonetta Tortora**

Candidata

**Chiara Danesi**

Anno accademico 2007/2008

La vera ascesi non consiste nel rifiuto  
del mondo, ma nell'accettazione di  
tutto quello che è buono, bello e vero.

Si tratta di imparare ad usare le  
nostre facoltà e le cose buone del  
mondo come doni di Dio, invece che  
come espressioni di egocentrismo.

*("Invito all'amore", Thomas Keating)*

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2. DSS NAZIONALI: STATO DELL'ARTE</b>	<b>8</b>
2.1 INTRODUZIONE	8
2.2 IL MODELLO RHTM DELL'INGHILTERRA	11
2.2.1 PREVISIONI NAZIONALI DI TRAFFICO: IL MODELLO NRTF	15
2.3 IL MODELLO NAZIONALE DELLA GRAN BRETAGNA (NTM)	27
2.4 IL MODELLO NAZIONALE OLANDESE (NNM)	31
2.4.1 AREE DI APPLICAZIONE DELL'NNM	38
2.4.2 AGGIORNAMENTO DELL'NNM OLANDESE	45
2.4.2.1 Versione 7 dell'NNM	48
2.5 IL SISTEMA DI MODELLI NAZIONALI NORVEGESE	51
2.6 IL SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI ITALIANO	54
2.6.1 SIMPT	54
2.6.2 SASM-SAVEF	59
2.7 IL SISTEMA DI MODELLI NAZIONALE SVEDESE (SAMPERS)	62
2.7.1 SISTEMA E VALIDAZIONE	69
2.8 IL MODELLO NAZIONALE DANESE: PETRA	78
2.9 ALTRI MODELLI NAZIONALI IN EUROPA	91
2.10 IL MODELLO NAZIONALE THAIANDESE	92
2.11 IL MODELLO NAZIONALE KOREANO	98
2.12 IL MODELLO EUROPEO: STREAMS	104
2.13 CONCLUSIONI	116
<b>3. ARCHITETTURA FUNZIONALE E DATABASE DEL DSS ITALIANO: SIMPT</b>	<b>119</b>
3.1 INTRODUZIONE	119
3.2 OBIETTIVI GENERALI DEL DSS	122
3.3 LE COMPONENTI DEL DSS	126
3.4 IL DATABASE	128
3.4.1 I DATI DELL'OFFERTA	129
3.4.2 I DATI DA FONTE	132
3.4.3 I DATI DALLE INTERVISTE E DALLE MISURE DI TRAFFICO	132
3.4.4 I DATI DALLO SCENARIO	136
3.5 IL SISTEMA DEI MODELLI	142
3.6 L'INTERAZIONE UTENTE-SISTEMA	144
3.6.1 L'INTERFACCIA PER L'ACCESSO AI DATI	145
3.6.2 L'INTERFACCIA CON IL SISTEMA DI MODELLI	147
3.6.3 LA COMPONENTE MAPPA	148
3.7 L'ARCHITETTURA INFORMATICA	150

3.7.1	IL MODELLO CLIENT-SERVER .....	151
3.7.2	L'ELABORAZIONE REMOTA DELLE COMPONENTI ALGORITMICHE .....	153
<b>4.</b>	<b>I MODELLI DI DOMANDA PASSEGGERI DEL SIMPT .....</b>	<b>158</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>158</b>
<b>4.2</b>	<b>LA STIMA DELLA DOMANDA PASSEGGERI .....</b>	<b>160</b>
4.2.1	ARTICOLAZIONE DEI MODELLI DI DOMANDA PASSEGGERI .....	160
4.2.1.1	Procedura di calcolo della domanda passeggeri .....	162
4.2.1.2	Approccio sample enumeration .....	163
4.2.1.3	Campione prototipale .....	167
<b>4.3</b>	<b>MODELLO DI POSSESSO PATENTE E MODELLO DI POSSESSO AUTO .....</b>	<b>173</b>
4.3.1	IL MODELLO DI POSSESSO PATENTE .....	174
4.3.2	IL MODELLO DI POSSESSO DELL'AUTOVETTURA .....	177
<b>4.4</b>	<b>DOMANDA PASSEGGERI NAZIONALE: MODELLI INVERNALI .....</b>	<b>180</b>
4.4.1	INTRODUZIONE .....	180
4.4.2	IL MODELLO DI EMISSIONE DEGLI SPOSTAMENTI .....	181
4.4.3	I MODELLI DI DISTRIBUZIONE DELL'ORA DI PUNTA .....	189
4.4.3.1	Distribuzione delle partenze per tipo di giorno .....	189
4.4.3.2	Distribuzione delle partenze per fascia oraria .....	191
4.4.4	IL MODELLO DI DISTRIBUZIONE SPAZIALE .....	195
4.4.5	IL MODELLO DI RIPARTIZIONE MODALE .....	199
4.4.6	IL MODELLO DI SCELTA DEL PERCORSO .....	204
4.4.7	I DATI DI IMPUT .....	206
4.4.7.1	Distribuzione percentuale coefficienti di occupazione mezzo "Auto" .....	206
4.4.7.2	Distribuzione percentuale coefficienti di occupazione mezzo "Auto" per fascia di distanza .....	208
4.4.7.3	Calcolo attributi mezzo "Aereo" .....	209
4.4.7.4	Calcolo attributi mezzo "Nave" .....	213
4.4.7.5	Distribuzione percentuale di uso dei servizi ferroviari e titoli di viaggio .....	214
<b>5.</b>	<b>UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE .....</b>	<b>216</b>
<b>5.1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>216</b>
<b>5.2</b>	<b>LO SCENARIO DI SIMULAZIONE .....</b>	<b>217</b>
5.2.1	ANALISI DEL QUADRO PROGRAMMATICO .....	217
5.2.2	SCENARIO TRASPORTISTICO AL 2012 .....	239
5.2.2.1	Strada .....	240
5.2.2.2	Ferrovia .....	250
<b>5.3</b>	<b>AREA DI STUDIO E ZONIZZAZIONE .....</b>	<b>261</b>
<b>5.4</b>	<b>ANALISI DEMOGRAFICA, SOCIO-ECONOMICA E TERRITORIALE .....</b>	<b>263</b>



<b>5.5</b>	<b>LA DOMANDA DI TRASPORTO .....</b>	<b>266</b>
<b>5.6</b>	<b>L'OFFERTA DI TRASPORTO .....</b>	<b>276</b>
5.6.1	<i>L'ANALISI DELL'OFFERTA ATTUALE .....</i>	276
5.6.1.1	<i>La rete stradale .....</i>	279
5.6.1.2	<i>La rete ferroviaria .....</i>	283
5.6.2	<i>COSTRUZIONE DELL'OFFERTA FUTURA .....</i>	288
<b>5.7</b>	<b>I RISULTATI .....</b>	<b>299</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>302</b>

ALLEGATO A

ALLEGATO B

BIBLIOGRAFIA

## 1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro di tesi si pone come obiettivo quello di analizzare i metodi e i modelli in uso per la stima della domanda di mobilità a scala nazionale. Questo studio, in accordo con i piani governativi in ambito di trasporto, assume come presupposto che solo dall'analisi della mobilità nelle sue componenti possano derivare un elenco di priorità per la realizzazione di servizi e infrastrutture.

L'analisi delle componenti della mobilità e delle problematiche ad esse connesse risulta essere, quindi, una fase di primaria importanza. Essa si pone come obiettivo l'*integrazione*, che si declina in tre modi diversi e concomitanti:

- l'integrazione tra le reti di mobilità interne e quelle degli altri Paesi, in particolare dell'Europa;
- quella tra i diversi modi di trasporto;
- l'integrazione tra livelli, per tener conto del fatto che oltre a garantire le migliori e più rapide connessioni per le lunghe percorrenze è indispensabile tener conto della mobilità di breve e media percorrenza, in particolare quella dei milioni di pendolari che ogni giorno si spostano nel Paese.

L'evoluzione delle esigenze di vita e di uso del territorio ha determinato negli ultimi anni profonde modifiche nelle componenti della mobilità:

- una rinnovata centralità per la mobilità di persone a scala locale, che ha fatto emergere nuovi e pesanti problemi di pendolarismo;
- lo sviluppo di una mobilità tra città con esigenze di spostamenti da concludere nel giorno;
- la presenza sempre maggiore di spostamenti per lavoro a scala europea e la crescita di spostamenti per turismo a scala internazionale ed intercontinentale;

- il cambiamento dei sistemi distributivi a scala urbana e regionale con la crescita della frequenza dei rifornimenti nelle aree urbane e con la crescita della grande distribuzione organizzata;
- l'integrazione sempre maggiore delle varie aree di produzione e di consumo;
- la modifica delle relazioni con i mercati UE, con i mercati tradizionali, con quelli emergenti e con quelli continentali del BRIC (Brasile, Russia, India, Cina) che hanno fatto nascere nuovi segmenti di mobilità.

La messa a punto di sistemi di valutazione ex ante, in itinere, ex post e relative metodologie quantitative, è una caratteristica peculiare del processo di analisi delle componenti della mobilità che deve essere supportata da adeguati strumenti di monitoraggio, quali ad esempio il SIMPT (Sistema Informativo per il Monitoraggio e la Pianificazione dei Trasporti).

Lo strumento utilizzato per la componente applicativa della presente tesi è il SIMPT che, nella versione attualmente disponibile, in quella in corso di sviluppo ed in quella potenziata per il monitoraggio, deve costituire non solo un simulatore meccanico ma l'anima continuativa per l'analisi della mobilità a livello governativo, configurandosi come luogo di accumulazione della conoscenza per consentire alle varie competenze operanti nel settore trasporti di esplicitarsi a livello più alto. Il processo di valutazione deve seguire tutte le fasi di elaborazione e redazione del piano dalle analisi preliminari, alle verifiche di coerenza, alle analisi degli effetti delle azioni in relazione agli obiettivi di efficienza, sicurezza e sostenibilità e deve essere sostenuto attraverso l'uso di una gamma diversificata e scientificamente fondata di strumenti di analisi, che assicureranno trasparenza e correttezza allo sviluppo dell'intero processo.

Da quanto detto si evince l'importanza per un Paese di avvalersi di uno strumento che supporti quantitativamente la complessa fase di politica decisionale, ovvero sia di possedere un DSS (Decision Support System) che, nel particolare, in Italia prende il nome e la forma di SIMPT. Dalla definizione di DSS - sistema che opera sotto il controllo di uno o più decisori assistendoli nella loro attività decisionale, fornendo un insieme organizzato di strumenti con

cui è possibile definire un modello ad una parte del problema decisionale, permettendo di migliorare l'efficacia complessiva della decisione – si evince che la componente modellistica giochi un ruolo centrale all'interno del sistema. Per questo d'ora in poi si parlerà di modelli nazionali di trasporto, largamente esposti in questa tesi, intendendo la parte modellistica del DSS.

Questa necessità riscontrata in Italia di usufruire di modelli di trasporto per la pianificazione a livello nazionale, è comune agli altri Paesi europei ed è stata oggetto di crescente attenzione nel corso dei recenti decenni. L'ampliamento delle politiche sul trasporto nazionale, che vanno dalla programmazione strategica degli investimenti per le infrastrutture fino alla loro gestione, ponendo in primo luogo l'attenzione sull'efficienza, l'ambiente, la sicurezza e l'equità regionale, sollecita l'adozione di strumenti analitici avanzati e più sensibili alle scelte di politica nazionale. Per questi motivi, in questa tesi (capitolo 2), viene approfondito lo stato dell'arte dei modelli nazionali di trasporto in Europa e vengono forniti cenni ai modelli extracontinentali (Thailandia e Korea del Sud), a partire dai primi modelli che sono stati costruiti fino ad arrivare a quelli di ultima generazione, includendo la descrizione degli aggiornamenti apportativi e dell'evoluzione avvenuta su di essi nel corso degli anni. I modelli nazionali sono stati costruiti nei primi Paesi in Europa a partire dagli anni '80 e allo stato attuale delle cose, essi sono presenti nella maggior parte dei Paesi europei; inoltre nell'ultimo decennio si è riscontrato un interesse crescente da parte di Paesi extra-europei. In generale hanno molto in comune – utilizzano una struttura del nested (tree) logit disaggregato e necessitano della stessa tipologia di dati – in quanto il loro sviluppo è stato stimolato dallo scambio di idee, conoscenze, risultati e software tra gruppi di esperti modellisti, consulenti e committenti (di diverse nazionalità). Dato il successo di questi modelli nazionali, a partire dal 4° Programma Quadro della Comunità Europea (1994-1998) sono stati sviluppati modelli per essere applicati ad una scala più ampia, quella europea (STREAMS). Riassumendo, nel panorama europeo, i modelli nazionali sono presenti in: Gran Bretagna (RHTM, 1978, modello regionale che ha gettato le basi per la costruzione dell'NMS, 1996; Norvegia (NMS, 1998); Italia (SIMPT, 1993); Danimarca (PETRA, 1996); Svezia (SAMPERS e SAMGODS, 1997, che sono stati aggiornati ottenendo modelli di 2°

generazione nel 2002); Germania; Ungheria; Francia; Svizzera; Austria; Belgio; Thailandia (NAM, 1997); Korea del Sud (1998); Sud Africa; Kazakistan e infine, in quanto il più importante, Olanda (NMS, 1984, che nel corso degli anni ha subito un continuo aggiornamento ottenendo la versione 7, 1998, e la versione 8, 2001 dello stesso). L’NMS è stato utilizzato come prototipo per gli altri modelli nazionali, in particolare per quello italiano. Tra i metodi che ha esportato ci sono: l’utilizzo dei modelli di possesso dell’auto e della patente (basati sul raggruppamento della popolazione per età) che sono collegati ai modelli di scelta di frequenza/modo/destinazione; l’utilizzo del “campionamento prototipale” per la modellizzazione del cambiamento della composizione demografica e sociale; l’utilizzo della struttura disaggregata di tipo nested (tree) logit. Il modello nazionale olandese, dalla sua originaria funzione di strumento strategico di valutazione di nuovi collegamenti stradali e ferroviari, ha gradualmente ampliato il suo campo di applicazione arrivando a rispondere ed affrontare le problematiche ambientali, l’information technology (telematica applicata ai trasporti) e le previsioni per la rete ferroviaria.

Il sistema dei modelli nazionale italiano si differenzia dagli altri modelli nazionali per alcune caratteristiche: la particolare attenzione posta sui modelli merci e sull’integrazione di questi con i modelli di traffico dei passeggeri, formando un unico modello; la differenziazione dei modelli in base alla stagione (modelli estivi e modelli invernali) e in base al giorno della settimana (modelli per i giorni feriali e modelli per i giorni festivi); la distinzione tra i modelli di spostamento dei residenti con i modelli di scambio con l’estero, di particolare rilevanza vista la ricca industria turistica presente in Italia; infine, un sofisticato trattamento dei percorsi scelti dagli utenti del trasporto privato, considerando separatamente le rotte interregionali da quelle di lunga distanza. Di contro, i modelli di scelta modale italiani risultano però essere meno dettagliati rispetto agli altri sistemi di modelli nazionali. Come per l’NMS olandese, anche in SIMPT i modelli di possesso dell’automobile e della patente sono integrati nel tradizionale modello a quattro stadi. In questa esposizione, per quanto riguarda i modelli di domanda passeggeri, vengono presentati soltanto i modelli nazionali (tralasciando quelli di scambio con l’estero), sia invernali che estivi, e i modelli di possesso auto/patente.

Nel contesto italiano vale la pena ricordare che oltre al SIMPT, utilizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, si rileva la presenza di altri due strumenti per il supporto alle decisioni in campo trasportistico: SASM-SAVEF, utilizzato dalle Ferrovie dello Stato, ed un DSS di questo tipo che viene utilizzato dall'ANAS.

In questa tesi ci si soffermerà nella descrizione piuttosto dettagliata dell'architettura funzionale e del database del SIMPT (capitolo 3) e dei modelli di domanda passeggeri in esso contenuti (capitolo 4). Le componenti che formano un DSS sono:

- il *database*, che immagazzina i dati in input (come, ad esempio le caratteristiche della domanda e dell'offerta) ed in output (come i risultati dell'assegnazione e gli indicatori di prestazione) relativi al sistema di trasporto;
- il *sistema di modelli*, che rappresenta la componente core del DSS. Sono presenti modelli di domanda e di offerta che interagiscono tra di loro attraverso lo strumento della simulazione che fornisce variabili funzionali che definiscano lo scenario trasportistico, come, ad esempio, i flussi veicolari, il livello degli attributi di servizio, la ripartizione modale, ecc..
- la *componente di interazione utente-sistema (GUI)*. Questa componente è particolarmente rilevante in quanto permette ad un complesso sistema come il DSS di essere facilmente utilizzato da un qualsiasi utente, anche non esperto. In particolare, attraverso di essa è permesso: la creazione di uno scenario di progetto, l'analisi dei risultati della simulazione e la definizione e specificazione delle componenti trasportistiche come la domanda, gli orari dei servizi, ecc.

Per quanto concerne il sistema dei modelli, in SIMPT sono presenti:

- i *modelli di domanda*, sia passeggeri che merci, che permettono la simulazione delle principali caratteristiche della domanda di mobilità;

- i *modelli di offerta*, anche questi sia passeggeri che merci, che supportano la rappresentazione delle principali caratteristiche delle infrastrutture e dei servizi del sistema dei trasporti (multimodale);
- i *modelli di interazione domanda-offerta*, ossia i modelli di assegnazione, che consentono di stimare l'impiego delle infrastrutture e servizi, sia dei passeggeri che delle merci;
- i *modelli per l'analisi dell'impatto e delle prestazioni*;
- i *modelli per l'analisi dei costi e dei ricavi*.

Il SIMPT, così come è stato progettato, consente all'utente, in modo intuitivo, di formulare ipotesi d'intervento sulla configurazione dell'offerta del sistema di trasporto e selezionare scenari socioeconomici e demografici svincolando l'utente stesso dalla necessità di gestire le informazioni. È infatti il sistema a governare la coerenza e consistenza dei dati, eventualmente effettuando ulteriori richieste d'informazioni. Il processo di simulazione si divide in due distinte fasi: la costruzione degli scenari, l'attivazione delle funzioni di calcolo.

Il SIMPT, nato dalla decisione da parte del CIPET (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica dei Trasporti) di dotarsi di un sistema informatico di supporto alle decisioni espressamente orientato all'elaborazione e agli aggiornamenti del PGT (Piano Generale dei Trasporti), richiede un continuo aggiornamento (delle componenti hardware e software, dei modelli e della banca dati) al fine di ottenere rappresentazioni sempre più conformi alla realtà contingente da riprodurre. Per questo motivo, nel 2003 è stato istituito un Comitato Tecnico-Scientifico (CTS) il cui ruolo è quello di assistere la Pubblica Amministrazione nella gestione dell'aggiornamento del SIMPT; le principali attività che sono state svolte in merito possono essere sintetizzate nelle successive versioni del SIMPT (a partire da SIMPT0 sono nati SIMPT1 e SIMPT2 attualmente in fase di collaudo).

Nel capitolo 5 viene riportato un esempio di applicazione dell'utilizzo del SIMPT per la stima della domanda di trasporto nazionale passeggeri a seguito dell'inserimento di uno scenario di progetto. L'applicazione si è resa possibile grazie alla concessione del Ministero dei

Trasporti (Dipartimento per il Coordinamento dello Sviluppo del Territorio, il Personale e i Servizi Generali - Direzione Generale per la Programmazione e i Programmi Europei, Divisione 3. Piano Generale dei Trasporti e della Logistica) che nella persona dell'ing. Simonetta Tortora, ha messo a disposizione il DSS italiano.

L'area di studio degli scenari di riferimento è rappresentata dall'intero territorio nazionale ed il periodo temporale di riferimento identificato è una giornata media feriale del periodo invernale. Partendo da uno scenario di base, composto dai dati di domanda riferiti al 2005 e dall'offerta di trasporto costituita dal grafo di rete di base del simulatore con le infrastrutture stradali e ferroviarie al 2005, è stato possibile ottenere un'analisi della domanda attraverso la produzione di matrici di domanda o/d modali. A seguito dello studio dei documenti del quadro programmatico di riferimento (a livello comunitario, nazionale e regionale) tra cui emerge il DPEF 2008-2012, sono stati individuati gli interventi infrastrutturali (di adeguamento e di nuova realizzazione) che si è pianificato saranno ultimati ed in uso al 2012. Attraverso la componente di interazione utente-sistema del SIMPT, questi interventi infrastrutturali sono stati inseriti nell'offerta dello scenario di riferimento ottenendo in tal modo uno scenario di progetto al 2012. La stima della domanda ottenuta per questo scenario è stata confrontata con i valori dello scenario di riferimento. La differenza tra le due matrici rappresenta la variazione della domanda di trasporto a seguito del cambiamento dell'offerta da cui sono state tratte alcune conclusioni riportate nel capitolo 6.

Per completezza di trattazione nell'allegato A è stata riportata una tabella descrittiva degli interventi infrastrutturali individuati nei piani programmatici e successivamente inseriti nel simulatore per la costruzione dell'offerta dello scenario di progetto. Invece nell'allegato B è stato riportato un estratto del Decreto Ministeriale del 5-11-2001, "Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade", utilizzato per l'inserimento/modifica in SIMPT delle caratteristiche funzionali degli archi del grafo dell'offerta di trasporto a seguito degli interventi di adeguamento/costruzione di cui all'allegato A.



## 2. DSS NAZIONALI: STATO DELL'ARTE

### 2.1. INTRODUZIONE

Esistono differenti ragioni per cui i modelli nazionali ed europei sono stati oggetto di crescente attenzione nel corso dei recenti decenni. L'ampliamento delle politiche sul trasporto nazionale, che vanno dalla programmazione strategica degli investimenti per le infrastrutture fino alla loro gestione, ponendo in primo luogo l'attenzione sull'efficienza, l'ambiente, la sicurezza e l'equità regionale, sollecita l'adozione di strumenti analitici avanzati e più sensibili alle scelte di politica nazionale. I modelli nazionali rispondono, in linea generale, alle seguenti situazioni:

- l'incremento della mobilità interregionale e internazionale richiede strumenti di previsione che vadano oltre il livello urbano e regionale;
- la competizione tra le regioni per gli investimenti sulle infrastrutture nazionali e per gli investimenti Trans-europei (progetti TEN-T e Paneurostar, che saranno descritti nel quinto capitolo) è stata studiata attraverso l'ausilio dei sistemi di supporto alle decisioni, definiti su un appropriato livello spaziale di riferimento, per permettere decisioni razionali, quanto più possibile in un'ottica di sistema;
- gli impatti ambientali trascendono i confini regionali e nazionali, quindi le politiche di trasporto che si preoccupano di queste problematiche coinvolgono tutti i livelli spaziali.

Per questi motivi, in questo capitolo, verrà trattato lo stato dell'arte dei modelli nazionali di trasporto in Europa, partendo dai primi modelli che sono stati costruiti, fino ad arrivare a quelli di ultima costruzione, includendo la descrizione degli aggiornamenti apportativi e dell'evoluzione avvenuta su di essi nel corso degli anni.

Nel 1997, durante un seminario svoltosi in Olanda su "National Travel Demand Models" è stato presentato lo stato dell'arte sulla modellizzazione dei sistemi nazione, per i seguenti

Paesi: Belgio, Danimarca, Germania, Ungheria, Italia, Olanda, Norvegia, Svezia e Regno Unito, di cui l'Olanda e il Regno Unito sono stati i precursori di tale approccio. Di questi paesi: quattro (Belgio, Danimarca, Svezia e Regno Unito) si trovavano nella fase iniziale, cioè nella valutazione della possibilità di costruire un nuovo modello nazionale a larga scala; due (Germania e Ungheria) riportavano l'esistenza di un sistema basato quasi esclusivamente sui tradizionali modelli aggregati a quattro stadi; infine, tre (Italia, Olanda e Norvegia) riportavano la presenza di modelli nazionali disaggregati di nuova generazione. Già qualche anno più tardi, (Gunn, 2001), tutti i suddetti paesi, tranne il Belgio, avevano a disposizione un proprio modello di trasporto nazionale, figura 2.1.1. Inoltre, a partire dal "4° Framework Programme of the European Union" (1994-1998), sono stati sviluppati modelli per essere applicati su una più ampia scala, quella europea.

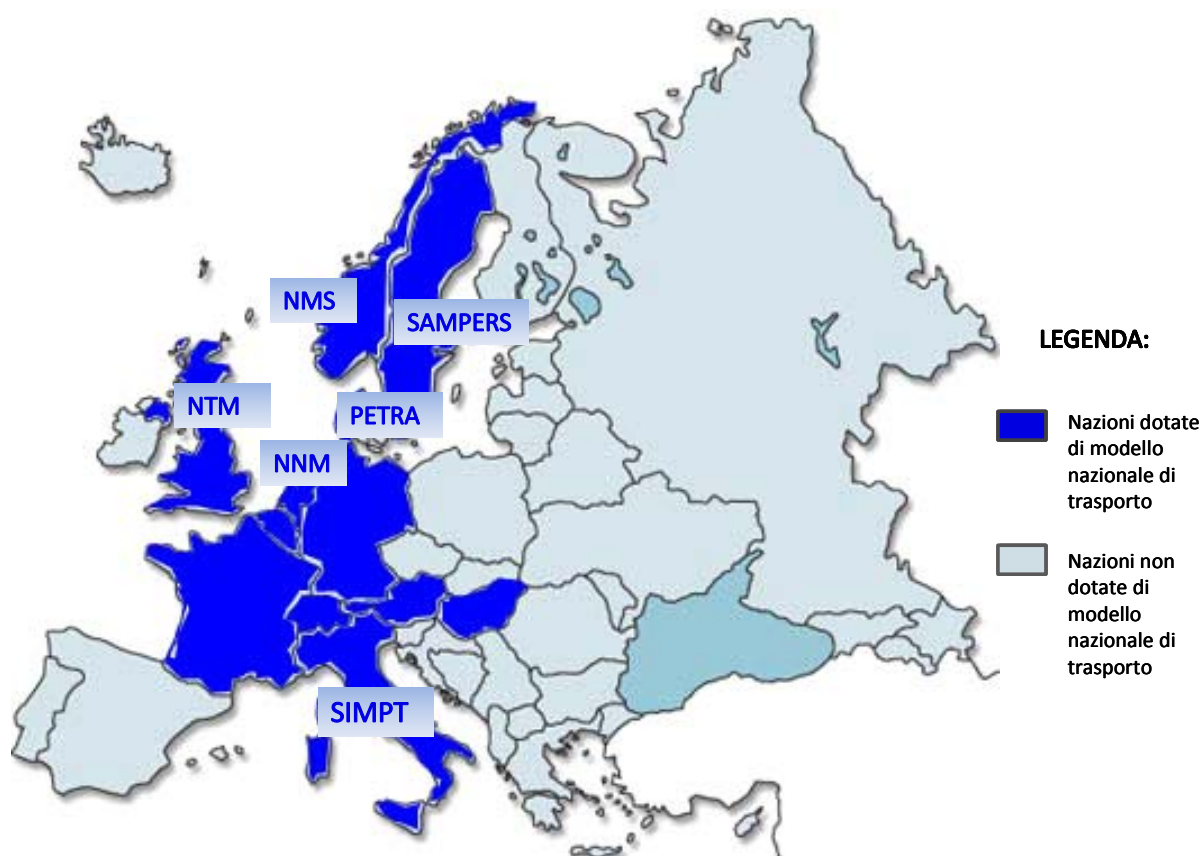


Figura 2.1.1. Paesi europei dotati di Modelli di Trasporto a Larga Scala (DSS)

Per cominciare ad affrontare i problemi dei trasporti in una nazione, è importante capire, nel miglior modo possibile, la situazione contingente. Ciò vuol dire rispondere alle seguenti domande: “che cosa è probabile che accada in avvenire nel “mercato” dei viaggi?” e, “come la domanda e l'offerta di trasporti interagiscono?”; per far ciò, è necessaria la presenza di un Modello Nazionale di Trasporto per formulare le previsioni della domanda di trasporto e del traffico. In seguito al successo di tali modelli nei suddetti paesi europei, è in crescita il numero di Paesi non-Europei che sono interessati alla modellizzazione a livello nazionale. In particolare, in questo capitolo, si riporteranno due esempi di modelli nazionali extra-europei: quello della Thailandia e quello della Korea.

I differenti modelli nazionali hanno molto in comune, tanto è vero che, il più delle volte, utilizzano la stessa struttura del nested (tree) logit disaggregato e necessitano dello stesso tipo di dati. Infatti il loro sviluppo è stato stimolato dallo scambio di idee, di conoscenze, di risultati e di software tra gruppi di esperti modellisti, di consulenti e di committenti (di diverse nazionalità) i quali si sono confrontati regolarmente in seminari organizzati allo scopo.

Infine, per quanto riguarda gli obiettivi per cui i modelli nazionali sono stati costruiti, in linea di massima, è possibile citare:

- gli sforzi di coordinazione delle costruzioni a livello regionale (Inghilterra, Olanda e Italia);
- l'impostazione delle politiche di controllo e delle tariffe di interesse nazionale (Olanda, Norvegia e Italia);
- il fornire informazioni per le valutazioni ambientali a livello internazionale (Olanda, Norvegia e Italia).

## 2.2. IL MODELLO RHTM DELL'INGHILTERRA

Il padre di tutti i modelli nazionali è quello inglese, il Regional Highway Traffic Model (RHTM) del 1978, che è stato uno dei primi tentativi di creazione di un modello a scala nazionale. Per questo motivo, su di esso si è speso molto tempo e una considerevole quantità di risorse, sia per raggiungere gli obiettivi prefissati, che per la correzione di ogni tipo di incongruenza ed errore evidenziati dal sistema; tutto ciò ha formato un'esperienza ragguardevole per la formazione di tutti gli altri modelli che si sono sviluppati in seguito. Infatti in Gran Bretagna, nei venti anni successivi, si contano innumerevoli tentativi di miglioramento del modello inglese; questa ricerca è stata descritta da Alastair Dick and Associates (1978) e da Gunn (1998).

Lo scopo principale per cui è stato progettato l'RHTM, è quello di fornire modelli di previsione unificati per assicurare un supporto alle decisioni che armonizzasse la fase di pianificazione con quella di costruzione di schemi stradali. Questo avrebbe così permesso al governo nazionale una più efficiente, consistente e sistematica allocazione delle risorse disponibili tra i vari schemi proposti nelle diverse regioni. Il miglior documento di riferimento per lo studio offerto, è l' "RHTM Project Review" (Alastair Dick and Associates, 1978).

Come periodo temporale di riferimento del modello è stata presa una giornata media nella settimana lavorativa in un anno. I viaggi sono stati rappresentati come una serie di spostamenti disgiunti. Nella progettazione di base non è stata inclusa una specifica variazione del tempo (intervalli orari) all'interno della giornata, cioè non è presente la dinamica intra-periodale, che tra l'altro risulta essere non necessaria per un approccio di pianificazione strategica, cui la messa a punto di questi modelli si rivolge.

Inoltre, sono degni di nota i primi due propositi sul modello, esposti nel "Requirements of a Revised Procedure" ed nell' "RHTM Project Review":

- la procedura dovrebbe essere "razionale, così da poter essere facilmente comprensibile dal pubblico";
- il modello dovrebbe essere "nazionalmente coerente nel suo approccio".

I modelli RHTM hanno conservato l'approccio descritto come struttura "provata e testata", sviluppata per gli standard urbani e per i modelli regionali mono-modal; infatti, sono presenti i modelli di possesso dell'automobile a monte dei modelli di spostamento (con modo auto e solamente a livello zonale) e, con i percorsi risultanti in procinto di essere distribuiti tra le destinazioni disponibili, viene assegnata la rete.

Il modello di possesso dell'automobile, che è stato proposto ad inizio del 1976, rifletteva delle considerazioni fatte già in Olanda nei primi anni '70 in cui si cercava di enfatizzare gli aspetti comportamentali che spingono a possedere un'automobile come spiegazione della variazione del livello del numero di auto di proprietà tra le differenti localizzazioni e i differenti periodi temporali (Bates ed altri, 1978).

La struttura attuale del modello di possesso dell'automobile è identificata da tre casi distinti: il possesso di nessuna auto, di un'unica auto e di molteplici automobili, ed utilizzava due modelli per distinguerli. Questi modelli, rispettivamente, forniscono la probabilità di possesso di un'unica auto e la probabilità di averne due o più, sotto l'assunzione che si abbia almeno un'auto di proprietà.

L'allocazione delle famiglie per classi di reddito è stata approssimata dalla distribuzione Gamma, risultante in un semplice campione mono-dimensionale delle famiglie distribuite su una singola variabile esplicativa (il reddito) che viene utilizzata per prevedere il numero delle auto di proprietà. Nei successivi sistemi, il dispositivo per produrre previsioni dai modelli multivariati, attraverso l'integrazione sui "campioni prototipali" multidimensionali, potrebbe essere visto come un'estensione di tale approccio.

Riguardo a quanto fosse stata dispendiosa la costruzione di un modello del genere, si riportano delle cifre che permettono di renderne l'idea. Il modello era mono-modale, ristretto al traffico automobilistico. Per la costruzione del database sono state condotte circa 40.000 interviste a domicilio e centinaia di migliaia su strada; è stato utilizzato un sistema di zonizzazione comprendente circa 3.600 zone; per la descrizione del traffico da ogni origine verso ogni destinazione, la rete conteneva 13.000 rami. Per la larga scala di tutti questi parametri, il progetto RHTM è stato sviluppato congiuntamente tra le tre maggiori società di consulenza inglesi in collaborazione con gli uffici governativi locali e centrali; in totale sono

state impiegate più di 60 persone che hanno lavorato e studiato in questo progetto, a tempo pieno, per due anni.

Il modello di possesso dell'automobile è stato usato come fonte aggiuntiva di informazioni migliorare la capacità di previsione del sistema di modelli; questo è stato fatto per mezzo di sondaggi riguardo alle spese familiari, condotti annualmente su un campione di circa 3.500 famiglie. I dati dei diversi anni sono stati poi analizzati nel tentativo di dimostrare relazioni stabili nel tempo.

Le stime del reddito zonale su base annua (estese con l'assunzione della distribuzione Gamma per fornire il campione prototipale), hanno consentito la generazione del totale delle auto di proprietà, sempre per zone e su base annua; queste cifre sono state poi convalidate confrontandole con una fonte autonoma di informazioni riguardo alle auto di proprietà a livello locale.

Le matrici Origine-Destinazione sono state sviluppate per mezzo dei metodi "provati e testati" ma, i raffronti dei flussi delle vaste aree con i conteggi indipendenti realizzati ai cordoni di attraversamento, hanno rivelato la presenza di innumerevoli incongruenze che non sono mai state interamente spiegate, eccezion fatta per la dimostrazione inerente all'eccesso di semplificazioni nel modello.

Il problema centrale, che non è mai stato risolto, è che il modello rappresentante il traffico dà una rappresentazione in realtà molto approssimata della reale situazione del traffico su strada. Per questo, ricerche successive (Gunn e altri, 1980) hanno sottolineato le principali fonti di problemi sui dati sull'approccio utilizzato:

- il ruolo predominante giocato dagli spostamenti intra-zonali, che sono risultati essere nella realtà molto numerosi, ma non vengano presi in considerazione e per i quali non sono state trovare misure soddisfacenti di "distinzione";
- la differenza, o meglio incoerenza, tra le interviste a domicilio e quelle rilevate su strada per quanto riguarda la distribuzione del viaggio in base allo scopo;
- la previsione della scelta del percorso, che è risultata essere più difficile del previsto;

- la concentrazione in un unico modo di viaggio che non necessariamente semplifica tutti questi problemi; questa scelta non risulta infatti molto appropriata per questo Paese (il Regno Unito) in cui si osservano rilevanti variazioni di densità e un uso diffuso del trasporto pubblico.

Nonostante i considerevoli studi portati avanti, la mancanza di soluzioni che risolvessero tali problemi ha portato, alla fine, alla chiusura del progetto senza riuscire così a soddisfare le più importanti delle sue aspirazioni originarie, sebbene (a seguito di successivi adeguamenti) sia il modello di previsione del possesso dell'automobile (a valle del modello di possesso delle patente di guida) sia la base dati di pianificazione hanno continuato ad essere usati. Infatti i database del modello si sono rivelati comunque preziosi per la modellizzazione su scala ridotta, per un limitato intervallo temporale, in molte parti del Paese.

A causa di obiettivi originari non raggiunti e di un costo di progettazione che, nel 1978 arrivava a £5.745.000 (valutati 50 milioni di euro nel 1998), il comitato di pianificazione inglese ha definito questa esperienza sulla modellizzazione nazionale con termini particolarmente negativi.

Meno utili, nel corso dell'inevitabile preparazione per la costruzione delle strade in Inghilterra nel 1970, ma in realtà piuttosto interessanti alla fine del 1990, sono stati sia l'ipotesi per cui il progresso tecnologico potrebbe ridurre i costi di elaborazione di migliaia di fattori, sia il fatto che i modelli non dovrebbero essere troppi limitati dalle restrizioni computazionali del periodo storico contingente.

### *2.2.1. PREVISIONI NAZIONALI DI TRAFFICO: IL MODELLO NRTF*

Nel passato le previsioni del traffico fatte dal Dipartimento Nazionale venivano usate principalmente come input del programma COBA, usato per la valutazione economica del traffico e per la costruzione degli schemi stradali in Inghilterra. Le previsioni venivano pubblicate sotto forma di un range di valori, con gli upper e lower bounds risultanti dalle assunzioni maggiori e minori (rispettivamente), in funzione della crescita economica e dei prezzi del carburante, entrambi i quali nelle previsioni risultano essere le determinanti principali dell'aumento del traffico.

Nell'ambito della valutazione economica e del traffico, le previsioni (insieme con altri input) hanno giocato un ruolo fondamentale, in quanto permettono di determinare i benefici economici di chi utilizza le strade, per ogni singolo progetto stradale. Nelle previsioni che permettono di valutare molti degli impatti ambientali delle nuove strade proposte, la Valutazione dell'Impatto Ambientale ha un'importanza considerevole nelle decisioni che dei Governi sull'opportunità di portare avanti o meno i progetti proposti.

Le previsioni vengono riviste di volta in volta per tener conto dei nuovi input – ad esempio, una revisione della proiezione del prezzo del combustibile – e dei miglioramenti dei metodi usati per la loro produzione. Il modello non viene visto come mezzo per testare le politiche di trasporto nazionali. Questo, in parte, perché i politici hanno mostrato scarso interesse nel considerare le opzioni della politica nazionale dei trasporti e, anche per questo, la struttura del modello di previsione risulta relativamente semplice. Sono stati fatti, quindi, alcuni test di sensibilità, diversi da quelli che ipotizzano la crescita del prezzo del carburante/reddito, in quanto queste crescite erano già state prese in considerazione nella gamma delle previsioni di crescita del traffico.

Nel corso degli anni '80 sono state pubblicate tre previsioni (1980, 1984 e 1989) con metodologia simile. La determinante primaria della crescita del traffico è stata vista essere il PIL, considerato come misura di crescita del reddito, e, con influenza secondaria, il prezzo del carburante. L'incremento del traffico è stato previsto separatamente per le cinque



categorie di veicoli: automobili, veicoli commerciali leggeri, due categorie di veicoli commerciali pesanti (piccoli e grandi) e bus/pullman.

Prendendo ad esempio la previsione del 1989, il traffico automobilistico è stato stimato in funzione del prodotto della popolazione, del numero delle auto di proprietà possedute per individuo e della distanza percorsa per auto.

Sono stati utilizzati due modelli di possesso dell'auto. Il primo ha avuto come base il sondaggio sul reddito e sulle spese familiari, derivante dalla relazione trasversale tra il reddito familiare e la proprietà di automobili. Comunque, la crescita del reddito medio familiare dal sondaggio di un anno rispetto a quello successivo, è stata insufficiente per spiegare l'aumento delle automobili di proprietà; per tale motivo sono stati aggiunti i trend storici. Nel modello, questi trend sono collegati all'aumento del numero di patenti di guida. Questo è risultato approssimativamente lineare nel periodo di riferimento dei dati ma nel futuro è stato previsto l'avvicinarsi ad un livello di saturazione del 90% per gli adulti non-pensionati e del 50% per adulti pensionati in possesso di una patente di guida.

Nel passato è stato utilizzato un modello "estrapolatorio", il quale si basava sulla regressione delle serie storiche delle auto di proprietà in opposizione al reddito, al costo automobilistico e al tempo. Questo è stato limitato dal livello di saturazione. Nel 1989 questa relazione conseguita nelle previsioni, che ha mostrato poca sensibilità alle ipotesi alternative circa la crescita del reddito utilizzata per generare un range di output, era finalizzata a rappresentare l'incertezza. Pertanto, è stato adottato un approccio alternativo il quale ha combinato un'elasticità a sezione trasversale con una basata sui dati delle serie storiche. La previsione pubblicata era la media dei risultati ottenuti da questi due modelli, giustificata dalla generale verosimiglianza ottenuta dal confronto internazionale. Le elasticità costanti dell'uso delle automobili con il PIL e con i prezzi del carburante, sono state valutate e utilizzate nella previsione della crescita (in miglia) per auto.

Gli elementi che hanno attestato la crescita del traffico dei veicoli commerciali, leggeri e non, sono stati riesaminati. Nel corso del tempo, la relazione tra la crescita del reddito e la crescita di queste categorie di traffico, ha mostrato significative variazioni. Per gli scopi previsti, l'elasticità del traffico dei veicoli commerciali leggeri rispetto al PIL è stata assunta pari ad 1. Anche l'elasticità delle tonnellate per kilometro delle merci su strada, è stata

assunta rispetto al PIL pari ad 1, ed è stata suddivisa tra i veicoli commerciali pesanti grandi e piccoli in base ai passati trend. Il traffico degli autobus e dei pullman (considerato poco interessante essendo solo l'1% del totale delle percorrenze di tutti i veicoli) è stato assunto costante nel corso del tempo.

Tutto questo si potrebbe assumere come un semplice approccio di previsione economica per prevedere il traffico totale.

Il traffico su strada in Gran Bretagna tra il 1986 e il 1989 è cresciuto del 25%. Questo periodo, infatti, è stato caratterizzato da un calo reale del prezzo del carburante, dalla rapida crescita economica durante l'inversione del ciclo congiunturale nell'economia britannica e da un elevato livello di fiducia dei consumatori. Da questo "picco", che si trovava sopra al trend di lungo termine, e alla luce dell'ipotesi relativamente ottimistica di crescita economica, le previsioni del 1989 fornivano livelli di traffico su strada più elevati rispetto a qualsiasi altro dei suoi predecessori.

Le previsioni dell'incremento di traffico in Inghilterra erano sopra la media della Gran Bretagna e, per questo, non si è avuta l'intenzione di applicarle ad alcuna localizzazione specifica. Effettivamente, i vasti e molto complessi schemi stradali sono stati valutati usando i modelli locali di domanda, i quali hanno considerato i vincoli sulla capacità stradale e le risposte a quei vincoli. Solo i più piccoli schemi si sono basati direttamente sulle previsioni di crescita nazionale. Pertanto, l'assenza di ogni vincolo di capacità sulla crescita forniva l'opportunità di dimostrare (per alcuni gruppi critici riguardo al programma stradale di Governo) che su determinate strade ed in certi periodi temporali, la previsione di crescita non si sarebbe realizzata e, pertanto, che tutte le previsioni erano affette da un errore concettuale.

Allo stesso tempo la politica economica manovra l'agenda politica. Coloro che hanno un interesse accademico e politico sul traffico stradale hanno posto particolare attenzione sulla relazione tra la capacità stradale e l'aumento del traffico. C'è stata una discussione sul fatto che le previsioni del 1989 ed il programma stradale sono state annunciate proprio quando tali previsioni sono state pubblicate vicendevolmente tra gli esperti, formando un previsione fine a se stessa. I modellisti del traffico hanno discusso a grandi linee riguardo a: i metodi che potrebbero essere usati per ridurre la crescita del traffico previsto ai livelli in cui la capacità

dell'ora di punta potrebbe far fronte, come questa dovrebbe essere trattata nella valutazione economica degli schemi di miglioramento stradali ed in che misura il traffico mancante potrebbe essere immaginato per farlo riapparire altrove.

È apparso chiaro, così, che le successive previsioni avrebbero avuto bisogno, in qualche senso, di distinguere la domanda e l'offerta. Nel 1991 l'allora Dipartimento dei Trasporti hanno argomentato la desiderabilità di un Modello Nazionale. Sono arrivati alla conclusione che erano presenti troppe difficoltà per realizzarlo immediatamente ma che queste difficoltà si potevano affrontare come limiti da superare a lungo termine dal Dipartimento di Ricerca per rendere un tale modello fattibile in futuro. Il requisito più immediato era quello di ricavare un certo metodo che vincolasse i livelli previsti del traffico nazionale alla capacità della rete.

Un programma di ricerca e sviluppo, durato sei anni, ha portato nel 1997 alle Previsioni Nazionali del Traffico Stradale. Queste hanno compreso una serie di progressi significativi verso modelli comportamentali, compresa la segmentazione dalla struttura della famiglia. Questa segmentazione ha tenuto conto di:

- differenti livelli di possesso dell'automobile per ogni tipo di famiglia e per ogni tipo di area nella base anno;
- le relazioni con il reddito, che varia in funzione della struttura familiare e della tipologia di area. Le strutture familiari hanno diversi livelli di saturazione, che includono (dove appropriato) la proprietà di più di una automobile;
- le previsioni dei cambiamenti nel numero delle famiglie, disaggregate per struttura familiare e per tipologia di area in cui questi cambiamenti avranno luogo.

Il modello considera anche il traffico stradale delle merci. L'approccio aggregato è stato sostituito con l'uso delle previsioni: della produzione del principale settore industriale, delle stime del trattamento dei fattori, dell'utilizzazione della capacità veicolare e della lunghezza media del trasporto.

Le previsioni di crescita tendenziale sono derivate dai modelli di possesso dell'auto, dell'uso dell'auto e dei veicoli commerciali, descritti precedentemente, vedi figura 2.2.1. In questa

previsione tendenziale, si prevedeva uno sviluppo differenziato per la proprietà e l'uso dell'automobile. Invece, le altre previsioni per fissare i diversi tassi di crescita tengono conto delle previsioni locali di crescita della popolazione e delle modifiche sul numero di famiglie in base alla località e al tipo di area, entro il vincolo globale imposto dalla previsione su base nazionale.

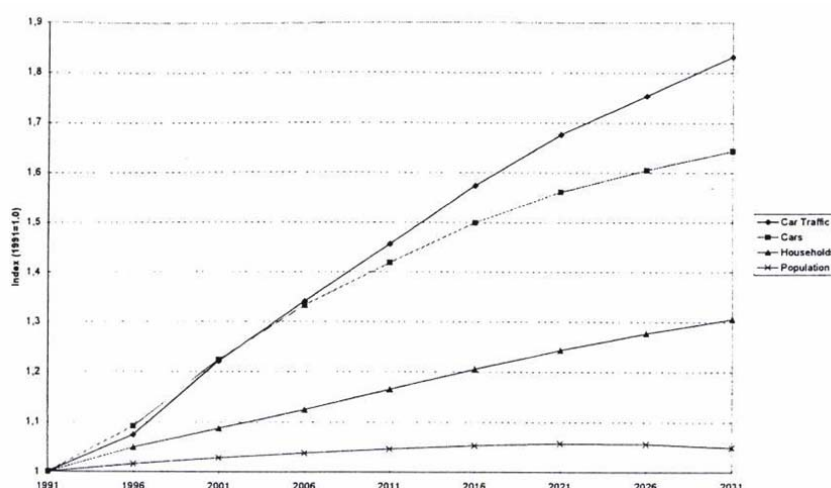


Figura 2.2.1. Previsioni della crescita a partire dall'anno base 1996

Una ulteriore considerazione sulla distribuzione delle previsioni tendenziali è la ripartizione per tipologia di strada. Le previsioni sono state basate sull'ipotesi che la relazione tra il tasso medio di crescita e la crescita osservata nel passato, nei cinque tipi di strada delle zone rurali e nei quattro tipi di strada delle zone urbane, continuerà a sussistere. Queste previsioni tendenziali della crescita del traffico, per tipologia stradale, che tengono conto della distribuzione spaziale della popolazione e della crescita del numero di automobili di proprietà, formano un input per la seconda fase del processo di previsione. La seconda fase del processo di previsione richiede la modellizzazione di una rappresentazione statistica dell'offerta della capacità stradale. Questa procedura è richiesta per assicurare che la previsione tendenziale sia vincolata per riflettere la disponibilità della capacità. Come verrà spiegato a breve, ciò è stato fatto per stimare i cambiamenti nella velocità media della rete e per incorporare nel modello un serie di reazioni causate dalle velocità più lente. Il primo passo di questo processo è stato quello di istituire un vasto e dettagliato database attraverso

l'utilizzo delle informazioni raccolte dagli ultimi conteggi di traffico fatti sulla rete stradale britannica. I dati sono stati classificati per:

- tipo di veicolo (inclusendo i differenti scopi per gli spostamenti in auto);
- tipo di strada;
- regione;
- tipo di area (vedi tabella 2.2.1);
- periodo temporale;
- direzione (all'interno o all'esterno del picco di flusso mattutino);
- livello di congestione della strada (misurato come il rapporto volume/capacità).

*Tabella 2.2.1. Classificazione per tipologia di area*

<b>London</b>	Central
	Inner
	Outer
<b>Other Conurbation</b>	Inner
	Outer
<b>Other urban</b>	>25 square km
	15-25 square km
	10-15 square km
	< 5 square km

Più di 20.000 località sono state incluse in questo database, che conserva i dati sui livelli di traffico su base annua insieme con le informazioni di ognuno dei fattori registrati per ognuna di tali località.

Per ogni categoria di strada, viene fornita la relazione velocità/flusso. Per le aree rurali è stata adottata la relazione convenzionale tra velocità e flusso utilizzata nella valutazione e nella progettazione di schemi stradali. Le curve velocità/flusso urbane tengono conto del fatto che la capacità sugli archi delle aree urbane tende ad essere vincolata dalla capacità delle intersezioni. Ognuna delle località nel database è definita secondo i sette fattori precedentemente descritti. Quindi, la crescita del traffico tendenziale è imposta dai livelli del traffico registrati nel database e, dove la curva velocità/flusso mostra il risultato di riduzione di velocità, viene modellizzata una gerarchia di reazioni della domanda che serve, in pratica, a frenare la crescita del traffico.

Una ricerca basata sulla tecnica SP<sup>1</sup> è stata utilizzata per fornire stime delle elasticità rispetto ai cambiamenti di velocità nella scelta del tempo/tipo di strada del viaggio/distanza percorso, vedi tabella 2.2.2. Gli studi, inoltre, hanno fornito una stima dei cambiamenti minimi nella velocità o della soglia di velocità al di sotto della quale si presuppone che non ci sia reazione alcuna.

---

<sup>1</sup> **SP. Stated Preference:** tecniche di intervista che si riferiscono alla dichiarazione della scelta e alla classificazione dei dati e includono, in particolare, gli aspetti comportamentali degli utenti

Tabella 2.2.2. Stime dell'elasticità e variazioni nelle scelte

Vehicle type/purpose	Elasticity	Threshold
Car commuting	-0,14	20% change
Car home-based business	-0,35	-
Car home-based essential other	-0,26	40% change
Car home-based discretionary other	-0,2	-
Car non home-based business	-0,35	-
Car non home-based other	-0,28	-
Light goods vehicles	-0,03	-
Heavy goods vehicles – rural areas	-0,15	-
Heavy goods vehicles – urban areas	-0,05	-
Buses and coaches	0	-

Le elasticità sono state applicate secondo una serie gerarchica di regole per determinare l'effetto dell'incremento della congestione del traffico stradale per tipo di strada, regione, scopo di viaggio, tempo nella giornata, ecc. Ad esempio, se le si abbattano più del 20% sulle autostrade nella zona rurale della regione sudorientale dell'Inghilterra durante il picco mattutino (dalle ore 8.00 alle ore 9.00) nella direzione del flusso più utilizzata, i percorsi per recarsi al posto di lavoro cambieranno:

- nelle altre autostrade meno congestionate in quella direzione/periodo di tempo/area;
- prima del picco (periodo temporale precedente al picco) su quell'arco o su un altro arco di quel tipo di strada;
- alle differenti classi di strada nei tipi di area rilevanti se queste offrono la possibilità di percorrerle ad alta velocità durante il picco o precedentemente ad esso;

- al diverso modo o destinazione, con conseguente soppressione del kilometraggio.

Quando, dopo che l'intero processo iterativo è stato eseguito, i flussi di traffico su un dato arco e in un determinato periodo temporale rimangono sopra la capacità massima di quell'arco, questo flusso in eccedenza viene soppresso.

La rappresentazione della rete stradale è puramente statistica. Non è coinvolto nessun modello di rete. Nonostante l'elevata quantità di località incluse nel database, ci sono dei limiti sulla misura per i quali i dati non possono essere disaggregati in maniera affidabile. La capacità della rete e i livelli contingenti di traffico, la ripartizione per tipologia di strada, la distribuzione temporale in una giornata, il tipo di veicolo e lo scopo del viaggio devono essere presi, nel loro complesso, come specifici di quei tipi di zona. Ogni analisi delle opzioni politiche per queste categorie di aree urbane è, inevitabilmente, relativamente generale e non si riferisce a nessun paese specifico.

Nel maggio del 1997, in Gran Bretagna è stato eletto un Governo Laburista. Nel giro di pochi mesi dal suo mandato, ha emanato un documento di consultazione in materia di trasporti. Questo, ha invitato gli individui, le autorità locali e di altri gruppi con interessi su questioni di trasporto, a suggerire al Governo come la politica dei trasporti potrebbe conseguire meglio l'obiettivo di sviluppo sostenibile. Lo sviluppo sostenibile combina la crescita economica costante con una maggiore prosperità e posti di lavoro per tutti, fornendo una migliore protezione dell'ambiente e la garanzia che tutti i membri della società possano beneficiare dalle nuove politiche.

In quel periodo è stato completato lo sviluppo dei metodi di previsione del traffico stradale nazionale, precedentemente descritti. Le nuove previsioni sono state fornite sulla base delle politiche in vigore nel momento in cui il nuovo governo è salito al potere e queste sono state pubblicate come un contributo al processo di consultazione. Le previsioni hanno dimostrato quale sia l'incremento del traffico che si avrà in assenza di nuove politiche per limitare tale crescita e incoraggiare l'uso di altri modi di trasporto. Le risposte alla consultazione ed alle ampie discussioni tra Ministri e i loro consulenti, sono state riunite in un Libro Bianco della Politica dei Trasporti. Questo documento, "Un nuovo accordo per il trasporto; meglio per tutti", definisce le politiche che il governo intende seguire; esso è supportato dalle analisi sui probabili impatti di tali politiche laddove tali analisi potrebbero essere effettuate. Le



previsioni nazionali del traffico stradale vengono utilizzate in un documento per definire lo scenario di riferimento e mostrare l'impatto generale sulla congestione e sull'ambiente, nel caso in cui le politiche e il comportamento dovessero rimanere invariati.

Lo sviluppo più significativo è stato l'uso del processo di previsione come strumento di valutazione politica. Il Libro Bianco, di cui si farà cenno nel capitolo 5, ha annunciato che il governo avrebbe dovuto avviare una legislazione per permettere alle autorità locali di introdurre pedaggi e mantenere le entrate per finanziare il miglioramento dei trasporti e degli altri bisogni locali. Il modello NRTF (National Road Traffic Forecasting) è stato utilizzato per fornire ai Ministri informazioni sul possibile impatto del carico della congestione, se applicato ampiamente alle città inglesi. Le stime dei livelli tipici di riduzione del traffico stradale sono state prese dall'esiguo numero di studi sul carico della congestione che erano stati effettuati in Gran Bretagna. Tali stime sulla riduzione del traffico sono state imposte su opportune tipologie di zona NRTF - per esempio, le città di grandi e medie dimensioni - per valutare l'impatto sulla velocità del traffico per ora del giorno, per tipo di strada, etc. Il modello è stato ampliato per fornire informazioni sui cambiamenti nel costo generalizzato al posto delle velocità (mediante l'inserimento di un adeguato scopo di viaggio ponderato dal valore del tempo) e sulle variazioni nelle emissioni per aumentare il relativo valore, come strumento politico.

Il modello è stato utilizzato anche per stimare l'impatto del contributo di CO<sub>2</sub> nelle ipotesi alternative di tassazione sui carburanti/prezzi delle previsioni di traffico stradale. Queste analisi sono state utilizzate nel documento di consultazione del Governo in materia di cambiamento climatico, pubblicato nell'ottobre del 1998. Il modello presenta una serie di vantaggi sul convenzionale approccio basato sulla sola risposta all'elasticità del prezzo della benzina. Questi vantaggi consistono nel:

- tenere conto dei cambiamenti della velocità derivanti dal prezzo del combustibile, che producono cambiamenti nei livelli di traffico;
- dimostrare, se richiesto, una misura dei costi sociali causati dall'aumento del prezzo del carburante destinato a ridurre le emissioni globali, fornendo una valutazione de:

- l'aumento dei costi sociali a fronte della più elevata tassazione sui carburanti (il semplice triangolo di perdita di benessere sociale);
- la riduzione dei costi sociali a causa di bassi livelli di congestione.

Nel modello, questa struttura viene anche utilizzata per stimare l'impatto di misure per il miglioramento della qualità dell'aria locale nelle aree urbane.

La richiesta dei politici, adesso, è di una maggiore sensibilità delle previsioni, in modo da stimare meglio l'impatto delle varie misure proposte nel Libro Bianco del Trasporto Integrato (pubblicato nel luglio 1998) ma anche in tempo per prefissare gli obiettivi della crescita nazionale del traffico e della qualità dell'aria. Il tempo necessario per produrre questi risultati risulta essere compatibile solo con lo sviluppo evolutivo delle esistenti procedure di previsione.

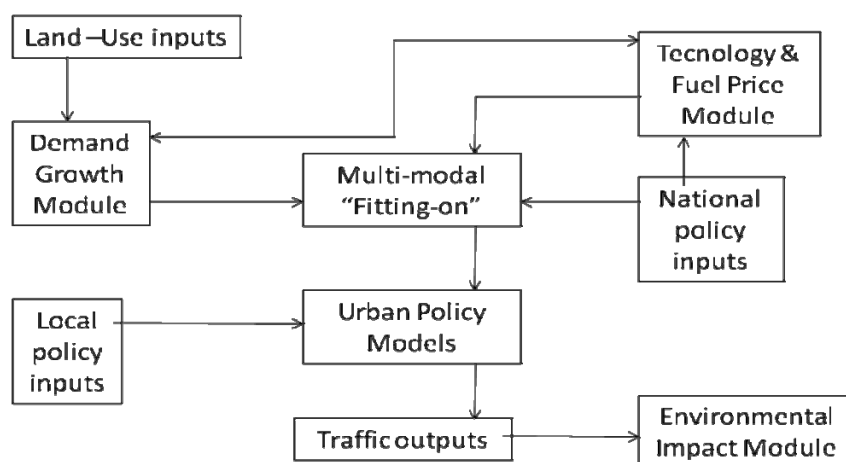


Figura 2.2.2. Sviluppo pianificato

Diversi e prioritari settori di lavoro di sviluppo del sistema furono previsti, in modo da tener conto di tutta la gamma di iniziative politiche in esame (vedi figura 2.2.2):

- la migliore modellizzazione della *crescita della domanda*, in particolare la previsione di viaggi con tutti i modi di trasporto ed la relazione che sussiste tra le abitazioni e la crescita occupazionale nei diversi tipi di zone urbane o rurali, a causa di cambiamenti nella ripartizione modale e della lunghezza media di viaggio;

- conciliare le previsioni della *lunghezza di viaggio* media, generate dagli attratti da ogni tipo di zona, con le informazioni sul traffico stradale che si trovano nella banca dati del traffico stradale;
- tenere conto della *tecnologia dei veicoli e del prezzo del carburante* in modo tale da modellizzare la diffusione dei veicoli economici nel consumo e a bassa emissione attraverso la flotta di automobili sotto differenti ipotesi di prezzo, e collegare ciò con la distanza in miglia percorsa con tali veicoli;
- la revisione delle ipotesi di *velocità/flusso*, in particolare quelle applicate alle aree urbane;
- il collegamento con i *modelli di politica urbana*, per considerare la tariffazione, il parcheggio e le altre politiche, riguardanti il centro della città, che potrebbero essere adottate dalle autorità locali per sostituire l'approccio semplicistico utilizzato fino ad allora;
- migliori dati su base annua della *rete nazionale*, al fine di garantire un più robusto e preciso livello di dettaglio geografico nel processo;
- una migliore stima degli attributi per produrre i *costi generalizzati*, piuttosto che il tempo, come base per le scelte, in modo da modellizzare possibili politiche di tariffazione stradali nazionali e affrontare l'elasticità del prezzo del combustibile e l'elasticità della congestione in modo coerente;
- migliorare l'analisi dei risultati, in particolare di *impatto ambientale* (che deve prendere in considerazione le distribuzioni di velocità piuttosto che la velocità media) e di impatto economico dei cambiamenti nei livelli di traffico.

### 2.3. IL MODELLO NAZIONALE DELLA GRAN BRETAGNA (NTM)

Tra il 1996 e il 1998 sono stati effettuati studi di fattibilità e di progettazione per proporre un nuovo modello nazionale per la Gran Bretagna che subentrasse all'RHTM inglese. Anche se il lavoro è stato sospeso al termine degli studi, senza portare alla decisione di implementare il modello proposto, le trattazioni e i report risultanti dagli studi hanno formato un importante "bagaglio" per trattazioni generali sui modelli nazionali. In particolare, risultano di peculiare interesse le considerazioni fatte sui dati, al fine di formulare matrici di base, e sul livello di dettaglio appropriato per un tale modello.

Il modello progettato è stato specificato da un team di consulenti e professionisti inglesi ed esteri, insieme a gruppi di utenti potenziali e non. Sono state definite le politiche a cui occorre orientare il modello, le possibilità tecniche di incontro degli obiettivi, la fonte dei dati comportamentali e spaziali, i dati sul sistema di trasporto; infine è stata specificata una procedura per lo sviluppo delle matrici di base considerando l'assoluta necessità della valutazione dei problemi infrastrutturali. A causa della dimensione del Paese e del livello di dettaglio del modello, i costi stimati del modello sono risultati essere particolarmente elevati.

Dal 1997, anno in cui sono stati completati gli studi di fattibilità e le consultazioni, ad oggi il modello non è stato influenzato e la politica nazionale si è rivolta ai metodi spaziali non specifici (previsione nazionale del traffico stradale), di cui si è parlato ampiamente nel paragrafo precedente. Le ragioni per cui il modello proposto non è stato sviluppato non sono del tutto chiare: è probabile che, seppur il valore e le esperienze dell'RHTM hanno giocato chiaramente un ruolo importante, molto più importante sembra essere stato il fatto che il committente non è stato disponibile a prendersi la responsabilità dello sviluppo del modello. In un certo senso, il modello potrebbe trovare un vasto consenso sul mercato, con i Governi nazionali, le agenzie di pianificazione regionale e tutti gli interessati ai governi locali, ma non in misura in cui il costo potrebbe essere giustificato per una sola di quelle agenzie.

A seguito dell'abbandono dell'idea di sviluppare il modello nazionale britannico, come già detto, il Governo ha basato le previsioni di traffico su delle tecniche che inizialmente erano

state sviluppate per il “National Road Traffic Forecasts” del 1997. Tali tecniche si sono sviluppate successivamente per la pianificazione decennale (Ten Years Plan) fatta nel 2000 e per la trattazione della congestione e dell'inquinamento (Tackling Congestion and Pollution) del 2001. In seguito, ulteriori miglioramenti e collegamenti sono stati introdotti nel sistema che ha preso il nome di National Transport Model (NTM). Questa attuale versione, figura 2.3.1, è composta da una serie di sottomodelli. Invece di disporre di un sistema di modelli globale che produce matrici di viaggio per modi, le quali sono assegnate a reti dettagliate, l'accento è stato posto sulla percorrenza totale per veicolo e sulla dipendenza da alcune determinanti cruciali quali il PIL, il prezzo del combustibile e i fattori demografici (Worsley e Harris, 2001).

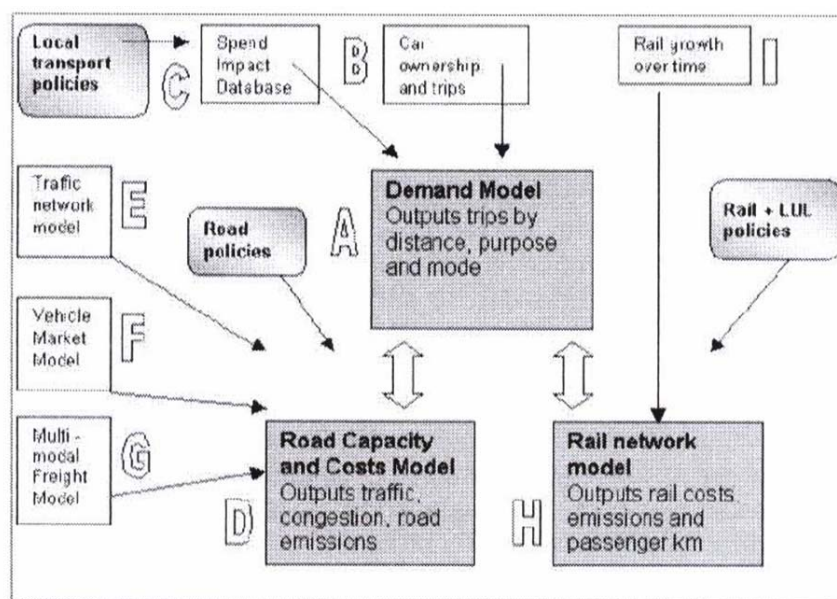


Figura 2.3.1. Sottomodelli, con le relative interrelazioni, dell'NTM

Il frammentario sviluppo del modello e la sua scarsa capacità di rispondere alle necessità politiche degli ultimi anni, hanno dato al modello un unico design ed un numero di caratteristiche molto interessanti che sono estranee alla pianificazione convenzionale dei trasporti ma, tuttavia, vale la pena che vengano studiate. Mentre il modello non può orientarsi realmente a specifiche problematiche infrastrutturali, che sono l'oggetto prioritario dei modelli nazionali, esso si combina elegantemente con molte altre problematiche di interesse del governo nazionale, come la spesa pubblica, le emissioni di

vario genere, la composizione della flotta veicolare, gli indicatori di congestione globale, la decisione sull'ammontare delle tassazioni automobilistiche, le concessione di tariffe e delle politiche riguardanti lo sviluppo del territorio e la scelta modale per le merci.

I modelli di domanda di viaggio dei passeggeri sono fondamentalmente della forma nested logit ma senza una specificazione spaziale e predicono solo la scelta della destinazione oltre ad una certa distanza (come fa anche il modello nazionale norvegese). Questi, operano con un convenzionale modello di scelta discreto che stima sia il possesso dell'automobile, per produrre il numero di passeggeri, che il percorso fatto dai veicoli per essere assegnato alla rete di trasporto.

La modellizzazione delle merci avveniva in sede separata dal traffico passeggeri, mentre prima qualunque tipo di traffico era assegnato promiscuamente. Le previsioni della domanda di base erano incentrate sul trend di rapporti forniti dal PIL da cui venivano fornite informazioni sulle tonnellate totali e sulle distanze percorse. Dopo la scelta modale di tipo strada-ferrovia, gli spostamenti stradali venivano suddivisi per ogni unità di carico per dimensione di veicolo in una matrice di base sulla nazione, fornendo in output i veicoli per kilometro che sono stati assegnati.

Il modello della rete autostradale (FORGE) non è una rete esplicita di tipo convenzionale ma, anzi, contiene informazioni sul numero e sulla lunghezza di ogni differente tipo di arco tra una serie di tipi di aree e di regioni (geografiche). Allora, il rapporto tra il flusso e la velocità opera su ognuno di queste tipologie di arco e produce misure di congestione e variazioni del tempo di viaggio per le auto, che vanno ad alimentare il modello di domanda. Gli spostamenti ferroviari sono assegnati utilizzando il modello nazionale ferroviario, ma purtroppo non è chiaro come questo modello lavori all'interno dell'NTM.

Di certo, la convalida è un problema considerevole a causa della forma non usuale del modello e, per questo, vi sono state dedicate significative risorse per assicurare una performance ragionevole.

Il modello viene utilizzato in vari modi per le analisi sulle politiche nazionali. Vengono considerate una serie di ipotesi, circa il futuro sviluppo dell'economia ed i profili di viaggio, per indicare il potenziale campo di approssimazione del modello. Il modello potrebbe essere

potenziato per permettergli di essere geograficamente più specifico, così da poter essere usato per stime infrastrutturali più precise. Purtroppo, non sono ancora state annunciate decisioni riguardo a sviluppi di questo senso.

Nel 2002, il modello nazionale dell'UK ha terminato il suo sviluppo globale. Ora è, quindi, in grado di supportare la fase decisionale in ambito politico in quanto fornisce informazioni su come le differenti politiche interagiscono e su come esse influenzino i risultati chiave, in modo particolare sul traffico, sugli spostamenti con tutti i modi, sulla congestione e l'emissione (Dft, 2003).

## 2.4. IL MODELLO NAZIONALE OLANDESE (NNM)

Il modello nazionale olandese (the Netherlands National Model, NNM), il più antico tra i modelli nazionali, è stato commissionato nel 1983 ma sviluppato principalmente tra il 1984 e il 1985; l'Hague Consulting Group (1992) ne ha dato un quadro generale. Fino al 1986 è rimasto invariato ma, successivamente, sono stati apportati numerosi aggiornamenti; il più importante aggiornamento del modello è la versione 7, finita di completare nel 2000, di cui si parlerà largamente in seguito. L'obiettivo principale che aveva portato alla creazione di questo modello era, originariamente, la previsione del traffico sulle strade e sulla rete ferroviaria di importanza strategica in quanto la funzione di scelta modale di viaggio (modo auto e modo ferrovia) risultava allora essenziale. Originariamente, è stato fissato un orizzonte temporale di 25 anni, avendo quindi come riferimento il 2010 (DVK, 1990; Gunn, 1994; TNO, 1996). L'NNM è quindi un insieme di modelli su scala nazionale che ha trovato ampi campi di applicazione, come si vedrà in seguito.

Esso inizialmente supportava il Secondo Piano Strutturale Nazionale dei Trasporti essendo, appunto, questo il ruolo per cui era nato, ma in seguito il modello ha acquisito principalmente il ruolo di strumento di supporto alle decisioni per risolvere problematiche inerenti alle politiche dei trasporti ed alla pianificazione sia ambientale che ferroviaria. Da quanto detto, si evince la differente finalità per cui è stato posto in essere l'NNM rispetto all'RHTM. Questa non è l'unica divergenza tra i due modelli, infatti, al contrario di ciò che avveniva in Inghilterra, in Olanda sono state adoperate all'interno del modello tecniche analitiche moderne: esso si basa sulla modellizzazione disaggregata (l'analisi del comportamento è sia sull'utente individuale che sulla famiglia) e il tour<sup>2</sup> è considerato come l'unità di base dello spostamento. Il viaggio è rappresentato sia come una serie di tours, aventi casa come base (per prevedere le crescite e i cambiamenti) e sia come un insieme di spostamenti sconnessi (per l'assegnazione delle reti).

---

<sup>2</sup>Un **tour** è definito come il viaggio intrapreso tra una partenza da casa e il successivo rientro. Molto spesso esso contiene esattamente due viaggi, andata e ritorno, ma a volte ne contiene di più, infatti può capitare che vengano fatte delle deviazioni per visitare destinazioni multiple.



L'NNM è interamente disaggregato, con modelli di possesso della patente, di scelta modale e di scelta del tempo durante il giorno collegati ai modelli di possesso della patente, di frequenza di viaggio e di distribuzione delle destinazioni; tutti questi modelli sono basati su analisi di scelta di tipo individuale. I modelli di scelta vengono usati per calcolare le varie probabilità per tutti gli individui e per tutte le famiglie del cosiddetto campione prototipale. Esso è un campione definito in modo tale che vi siano sufficienti osservazioni di un certo numero di categorie di famiglie per rendere statisticamente attendibili le dichiarazioni circa il comportamento di viaggio di tale categoria. Un'ulteriore importante innovazione nel NNM è la modellizzazione del cambiamento della composizione demografica e sociale della popolazione. Una tecnica conosciuta con il nome di campionamento prototipale (Daly, 1998) è utilizzata per ottenere nel modo più dettagliato possibile una visuale della popolazione futura, coerentemente con le previsioni che sono disponibili per le varie categorie. Questa procedura si è dimostrata decisiva nell'indicare come le conseguenze di una politica invariante potrebbero essere molto serie, sia in termini di congestione che in danni ambientali che ne potrebbero discenderne. Un'altra differenza sostanziale dall'RHTM, risiede nell'uso dell'approccio del "pivot-point" per la previsione delle matrici O/D, nel quale si utilizzano modelli sintetici per prevedere i cambiamenti delle matrici su base annua maggiormente disponibili, in riferimento ai flussi degli automobilisti e ai flussi ferroviari. Per gli altri modi di trasporto (bus, tram, metro, passeggeri automobilistici, piedi, bicicletta), i modelli sintetici possono essere utilizzati per ricavare delle matrici sintetiche, se necessario, come approssimazione dei flussi reali per questi modi.

Si può dire che l'NNM non è stato costruito ex-novo in quanto proviene da un modello regionale già esistente al tempo della sua creazione; quest'ultimo da scala regionale è passato a scala nazionale attraverso una calibrazione fatta con i dati nazionali dei sondaggi di viaggio. La componente chiave della metodologia adottata per la trasformazione del bacino spaziale di riferimento è stata la previsione degli spostamenti (in auto e in treno) ottenuta per mezzo dei modelli di scambio relativi a distribuzioni di viaggio su base annua, i quali sono stati rappresentati dalle matrici di viaggio ottenute principalmente dall'osservazione diretta, per i diversi modi e per tutte le coppie O/D zonali (matrici di base). La struttura del sistema dei modelli olandese, con le sue componenti, è mostrato in figura 2.4.1.

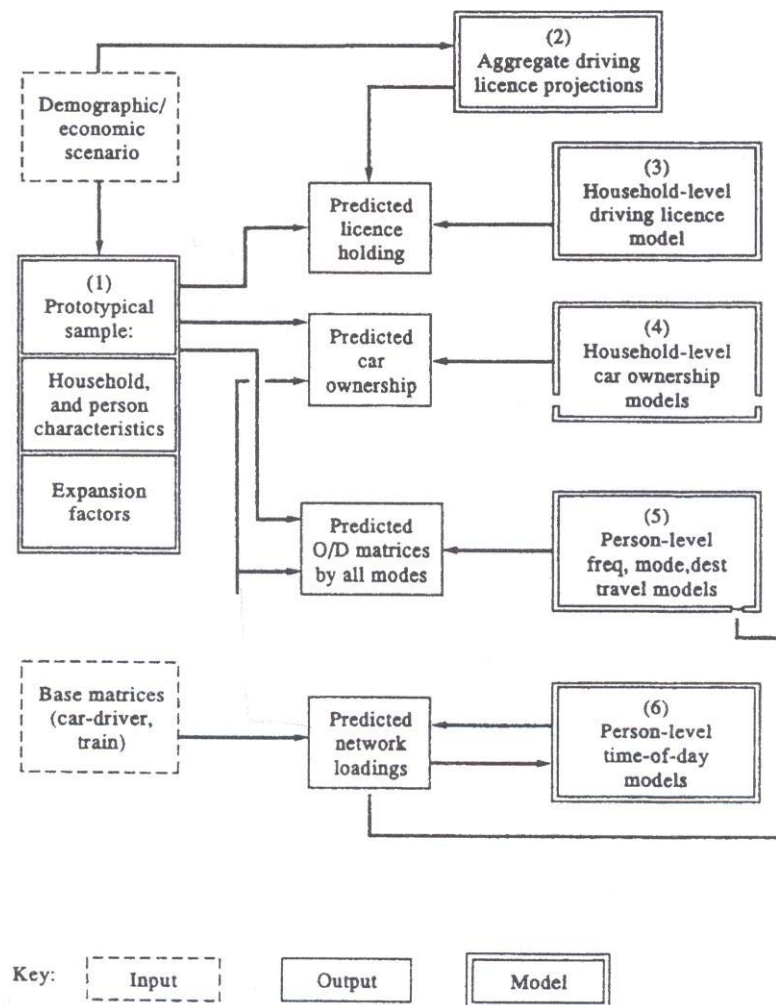


Figura 2.4.1. Struttura del sistema dei modelli olandese

La funzione di scelta modale è conservata dall'originale modello regionale, su cui l'NNM è stato basato, la quale includeva anche i modi di viaggio "lenti", come bus, tram, metro e la suddivisione tra passeggeri e guidatori all'interno del modo auto, permettendo così al modello di rappresentare tutti i viaggi personali all'interno dell'Olanda. In un'importante innovazione avvenuta negli anni '90, il modello ha incorporato anche le previsioni di possesso della patente e di possesso dell'auto, basate sulle analisi del comportamento della popolazione raggruppata per età e sesso, consentendo, così, di ottenere trends a lungo termine sul possesso della patente per effetto del trend della vendita di automobili.

In questo modo, il sistema mostra alcune delle stesse funzioni dell'RHTM, come il modello di possesso dell'auto che determina i totali aggregati di auto e/o patenti e le ripartisce, in base

al sondaggio britannico sulle spese familiari, tra le famiglie e le zone in maniera più dettagliata rispetto agli stessi modelli disaggregati.

Nel progetto originario, erano state disposte la creazione e l'incorporazione di un semplice modello degli spostamenti di business a lunga distanza; alla base di questo c'erano l'elasticità del processo di adeguamento applicato ad un ristretto numero di segmenti di mercato. Successivamente, dopo il confronto con le prestazioni del modello standard di business a lunga distanza di tutto il mercato, questo modulo è stato ritirato in quanto forniva previsioni meno credibili. Una particolare caratteristica dell'NNM è l'utilizzo dell'approccio basato sul raggruppamento per età e per il possesso della patente e dell'auto. A seguito dei successivi sondaggi di traffico nazionali, questo approccio è stato anche utilizzato per fornire una base di previsione che rispondesse ad altri trend, come età, reddito e stato occupazionale.

I modelli dell'NNM di scelta del modo/destinazione (NSES) hanno origine da un sistema di modelli regionale, alquanto limitato, in uso per l'area di Utrecht. Essi prevedono la distribuzione dei tour sulle possibili combinazioni di destinazioni e modi; inoltre essi dipendono dall'accessibilità per ogni modo e dalle variabili di attrazione specifiche per motivo dello spostamento. Questo sistema è stato sviluppato a partire da un numero esiguo di interviste alle famiglie (1.000) supportate da circa 4.000 interviste a viaggiatori stradali e ferroviari. Dovendolo poi applicare i modelli a livello nazionale, sono state ripetute le interviste alle famiglie (circa 10.000 famiglie ogni anno) e, quindi, utilizzati i relativi dati al fine di estendere la frequenza disaggregata ed i modelli di possesso del veicolo e della patente. Per stabilire la distribuzione temporale all'interno della giornata, sono state condotte indagini su un minimo numero di automobilisti (100) in cui dichiaravano la propria preferenza in merito (sondaggio Stated Preference, SP).

Nei più recenti lavori sull'NNM, l'Olanda, che ha circa 15 milioni di abitanti (anno 2000), è stata suddivisa in 345 zone e 1.308 sottozone. Nell'ultimo decennio sul sistema è stata apportata una revisione con l'utilizzo di dati più recenti. Il modello opera su una scala geografica specificata dalle suddette 1.308 zone all'interno del territorio olandese, con sei motivi di spostamento, quattro modi di trasporto e una dettagliata segmentazione della popolazione, che è ridotta a dodici segmenti nelle parti computazionalmente più intensive. Il

numero dei modi e dei segmenti è attualmente in fase incrementale considerando una crescita delle fasce di reddito; la rete stradale contiene 27.000 rami e anche questo numero è in aumento. L'equilibrio tra la domanda e l'offerta è ottenuto utilizzando un'euristica chiamata fictive cost.

L'orizzonte temporale di riferimento per i modelli è una giornata media annuale all'interno della settimana lavorativa, cercando di distinguere le fasce orarie di punta da quelle di morbida.

Il trasporto merci è simulato separatamente, ciò diminuisce l'efficienza del modello per politiche di previsione degli impatti sul traffico merci e causa la competizione tra veicoli passeggeri e merci nello spazio stradale.

Utilizzando i fattori di crescita derivanti dall'applicazione dell'NSES in combinazione con le matrici di base per i modi conducente d'auto e passeggero del treno, sono state ottenute le matrici di domanda da assegnare. Le automobili vengono assegnate alla rete utilizzando una tecnica di assegnazione a capacità limitata che tiene conto sia di un possibile afflusso limitato su un arco a causa della congestione, che di una capacità di deflusso limitata a causa della congestione a valle dell'arco. I passeggeri del treno sono assegnati ai treni attraverso l'uso del modello Prolop, che è uno specifico strumento software di proprietà delle Ferrovie olandesi. Utilizzando differenti cicli di verifica, il modello è progettato per cercare di raggiungere un equilibrio tra la scelta dell'orario di partenza, la congestione e i costi dipendenti dal periodo e, inoltre, tra la domanda totale, la congestione e i costi di viaggio.

Come è successo per l'RHTM, l'NNM è stato originariamente ideato dall'impegno collaborativo di diverse consulenze. La produzione del primo sistema è durata circa due anni, sebbene il successivo lavoro di sviluppo è stato intrapreso in molti anni e ancora oggi la revisione principale è in corso. Inoltre, attraverso il recente lavoro fatto sull'NNM, si è visto come un adeguato modello nazionale può essere costruito con costi ragionevoli. Il progetto è stato avvantaggiato dalle (ampie) reti esistenti e dai dati sull'utilizzo del territorio; non di meno hanno portato considerevoli benefici l'utilizzo delle targhe di identificazione delle patenti come mezzo per distribuire un campione di questionari ai motociclisti. Tutto ciò, ad un costo di circa 1,5 mEuro, cifra ragionevole che ha permesso di costruire il sistema di previsione.

Nell'ambito della validazione, la significatività statistica dei coefficienti del modello, l'abilità di simulare scelte per sotto-mercati di viaggiatori e, più importante, le elasticità del sistema, sono state prese come i maggiori indicatori per determinare se un sistema fosse valido o meno. Più recentemente, è stato speso molto tempo per ri-analizzare dieci anni di previsioni a livello nazionale, con il tentativo di isolare la performance del modello dall'accuratezza delle ipotesi in input allo stesso. Questo esercizio ha sancito, in generale, conclusioni favorevoli sulla stabilità del sistema, mentre ha indicato, nel particolare, problemi a seguito dell'esclusione del reddito dalle previsioni della frequenza per viaggi di piacere ed anche perché esso sarebbe potuto essere trattato come effetto deterrente del costo di viaggio sulla scelta del modo e della destinazione. Poiché questo è stato uno degli aspetti più importanti da portare avanti nei successivi modelli, vale la pena che venga citata la ricerca olandese, intrapresa parallelamente, circa l'approccio sui tempi/costi. Durante lo stesso periodo di dieci anni, l'esperimento sulla propria preferenza (sondaggio SP) a larga scala, è stato replicato con più dettaglio, con l'intenzione di isolare gli effetti inspiegabili al di là della distribuzione della popolazione "viaggiatrice" in base al reddito, all'occupazione, al tipo di attività e al tipo di classe di viaggio.

Comunque, le indagini per la validazione delle matrici di base, non hanno portato a risultati particolarmente favorevoli avendo preso cordoni di attraversamento particolarmente ampi e avendo assegnato i flussi a specifiche varianze dei rami. Le versioni aggiornate delle matrici sono attualmente in produzione, utilizzando le tecniche suggerite precedentemente dall'RHTM (modello nazionale inglese), esteso per sfruttare le dettagliate matrici sintetiche disaggregate disponibili in Olanda.

I risultati di questo lavoro hanno mostrato che tutti gli effetti residuali sono stati minimi (meno del 5% rispetto al totale) e che i principali cambiamenti riscontrati sono stati dovuti agli spostamenti nella distribuzione del reddito. Da quanto detto finora e anche grazie agli studi compatibili portati avanti da Inghilterra e Galles, si è arrivati alla tesi per cui la disutilità del costo di viaggio diminuisce in modo non proporzionale al crescere del reddito. In entrambi i suddetti Paesi è stata rilevata una elasticità di circa -0,5.

Il successo del modello è stato originato dall'abilità di ottenere previsioni verosimili per una vasta gamma di politiche. In molti casi, si è dimostrato plausibile interpretare politiche come

input del modello, nonostante molte di queste politiche vadano ben oltre il proposito originario del modello. L'adattabilità del modello, facilitata dalla chiarezza della sua base disaggregata, rende possibile la rappresentazione dell'impatto causato dai cambiamenti delle politiche adottate, che dipendono dalle variazioni delle scelte dei viaggiatori sul percorso, sul tempo di viaggio, sul modo e sulla destinazione. Un esempio particolarmente significativo sulla flessibilità del modello, è stato l'introduzione nel 1990 di un sottomodello di scelta dell'orario di partenza che non è stato incluso nella struttura originaria, ma è stato ritenuto necessario per la rappresentazione della distribuzione del "picco" sotto l'influenza dell'incremento della congestione e della probabile introduzione dei prezzi stradali instabili nel tempo.

La credibilità del modello è stata dimostrata in vari modi. Una completa revisione, che riguarda la forma teorica del modello e delle sue componenti, è stata condotta da agenzie indipendenti; test comparativi e una revisione intrapresa separatamente sono stati fatti per le procedure di assegnazione innovative. Inoltre esistono conoscenze sull'attuale sviluppo della domanda di viaggio nel periodo di tempo che segue la prima previsione del modello; previsioni accurate del modello sono state testate con operazioni di tipo back-casting. Mentre questi test confermano generalmente l'affidabilità del modello, ci si è resi conto, nel corso degli ultimi sviluppi, che attraverso questi è anche possibile specificare quali siano le aree da migliorare. In particolare, la precisione delle matrici di base è risultata essere inadeguata e quindi si è pensato di migliorare le stime esistenti.

Inoltre, la generale ragionevolezza dell'NNM nel prevedere i cambiamenti di breve periodo (da uno a cinque anni) nei flussi urbani, a seguito del completamento dei principali collegamenti nella rete urbana, è stata verificata ad Amsterdam e tutt'oggi continua ad essere monitorata.

Alla fine degli anni '80 era in progetto un'importante scissione dell'NNM per sviluppare un nuovo modello regionale che sarebbe stato applicato alle regioni dell'Olanda ma che incarnasse gli stessi principi comportamentali di base dell'NNM, così da facilitare il lavoro delle agenzie di pianificazione regionale nello sviluppo di politiche concordi con la previsione nazionale.

È giusto ribadire che questo modello non è mai stato giudicato in base alla sua capacità di riprodurre matrici di viaggio su base annua, o cordoni di attraversamento o assegnamenti sui rami. I successivi sviluppi dell'NNM sono stati animati dal desiderio di migliorare il sistema di modelli affinché potesse superare i problemi di cui sopra; la base annua è ancora vista come l'argomento cardine per giudicare la bontà delle matrici di base ed essa richiede dati aggiuntivi (ad esempio dai conteggi) per aumentare i fattori locali addizionali non nel modello generale.

L'NNM è stato importante per dare conoscenza e ispirare lo sviluppo di altri modelli nazionali europei, alcuni dei quali precedentemente discussi. Intanto, nella metà degli anni '90 è stata presa la decisione di sviluppare la versione 7 del modello, di cui si discuterà in seguito, facendo una completa ricalibrazione della maggior parte dei modelli core e apportando miglioramenti su alcune parti.

#### *2.4.1. AREE DI APPLICAZIONE DELL'NNM*

Dal 1986 si è fatto un vasto uso del sistema dei modelli nazionale olandese di traffico e di trasporto nella valutazione politica. Anche se certamente l'NNM non è l'unico modello disponibile nei Paesi Bassi, esso è il più influente modello per la valutazione delle opzioni politiche e per la preparazione dei documenti di politica a livello nazionale.

Uno dei motivi di questo successo è la necessità di continuità: l'NNM è stato utilizzato durante la preparazione del Secondo Piano Strutturale dei Trasporti dei Paesi Bassi (FST-2), che è stato il principale documento politico strategico degli ultimi vent'anni. Diversi obiettivi quantitativi menzionati nel TSP sono basati su valutazioni degli effetti utilizzando l'NNM. La stima degli effetti delle nuove alternative politiche dovrebbero essere comparabili con quelle calcolate in passato. L'uso di altri modelli potrebbe causare problemi di interpretazione: sono differenze causate dalle politiche diverse o da altre metodologie modellistiche?

Di certo, un'altra ragione del successo è la qualità e la flessibilità del modello. L'NNM ha dimostrato di fornire risultati credibili ed è stato più volte prorogato per far fronte a nuove opzioni di politica (Gunn ed altri, 1993). Per una panoramica sul ruolo dei modelli nella generale pianificazione dei trasporti in Olanda, ci si può avvalere di Hoorn ed altri (1995) e van der Waard (1997).

Come già detto, l'NNM è nato per fornire una visione sui cambiamenti nei profili di mobilità della popolazione olandese e per prevedere i flussi di traffico sul tronco stradale olandese e sulle reti ferroviarie. L'applicazione dell'NNM ha luogo nel contesto di scenari spaziali, socio-economici e demografici e nel contesto di specifici scenari di politica dei trasporti (ad esempio l'aumento delle imposte sul carburante, le tasse di acquisto degli autoveicoli, il miglioramento dei trasporti pubblici, ecc.). All'interno di questi scenari, l'NNM elabora previsioni di lungo periodo, tipicamente 20 anni, sia per differenti scopi di viaggio, che per specifici gruppi di persone e famiglie. Tali previsioni si riferiscono a:

- livello nazionale e livello regionale;
- traffico delle auto, modi lenti (pedoni, ciclisti e ciclomotori) e trasporto pubblico;
- giorno lavorativo medio, fasce temporali di picco e non di picco.

L'NNM è in grado di rispondere a cambiamenti di stato riguardo a:

- fattori di utilizzo del territorio;
- caratteristiche dell'accessibilità;
- fattori socio-economici;
- fattori demografici.

L'NNM è formato da una serie di sottomodelli, ognuno dei quali si basa su strutture di modello comparabili con il processo decisionale razionale individuale (e familiare), e viene calibrato usando dati disaggregati sugli individui e sulle famiglie, come già spiegato dettagliatamente in precedenza.



La zonizzazione del modello è formata da 345 zone, come già detto, un sistema fitto nell'area altamente urbanizzata di Randstad e nelle più grandi aree della zona settentrionale, orientale e meridionale del paese. Il livello di dettaglio della rete stradale è in accordo con questo sistema zonale, il quale comprende il tronco di rete stradale, le altre principali interconnessioni locali e alcune strade principali facenti parte delle aree urbane. Anche se la rete si presenta ricca di dettagli, l'NNM non è considerato uno strumento adatto per studi di valutazione delle infrastrutture regionali.

L'NNM non è un modello basato sulle attività. Le relazioni tra le varie attività non sono catturate e le restrizioni causate da rapporti spazio-tempo non sono contabilizzabili correttamente. Ciò significa che, per esempio, l'effetto degli accordi di orario flessibile può solo essere stimato facendo ipotesi sulle conseguenze, in questo caso, di un numero di spostamenti pendolari. Anche gli effetti del cambiamento del contesto istituzionale sui programmi delle attività e quindi dei tempi di viaggi, non possono essere valutati mediante un modello come l'NNM. Ultimamente, uno speciale modello è in fase di sviluppo per fornire una visione a tali questioni (si veda, ad esempio, Arentze ed altri 1998).

Nell'NNM la reazione alla congestione per i modelli di scelta del modo e della destinazione potrebbe sopprimere la domanda o, nel caso di misure che riducano la congestione del traffico, potrebbe aumentare la domanda nelle ore di punta sul tronco della rete stradale. Questi fenomeni riflettono la cosiddetta domanda latente. Prove empiriche per quanto riguarda la dimensione della domanda latente sono difficili da ottenere. In realtà, questa parte del modello è stata in qualche misura alla base di una valutazione da parte di esperti. Risultano esserci molte incertezze nella dimensione stimata degli effetti della domanda latente.

Il modello nazionale è stimato sui dati a sezione trasversale. Non cattura le dinamiche dei comportamenti individuali; ad esempio, abitudine o anticipazione non sono inclusi nei modelli. Gli effetti delle misure secondo l'NNM possono includere cambiamenti nella scelta di itinerari, nella scelta dell'ora di partenza, nella scelta del modo o del cambio di destinazione. Non si può calcolare quanto tempo dovrà trascorrere prima che questi cambiamenti nel comportamento effettivamente abbiano luogo. Nel modello, l'uso del

territorio influenza il trasporto, ma l'uso del territorio non è influenzato dall'accessibilità. Lo sviluppo economico regionale fa parte del scenario di input per il modello.

L'NNM è sensibile ad una vasta gamma di fattori che influenzano il trasporto. È in grado di affrontare realisticamente, non solo le tendenze future dei prezzi, del reddito, della popolazione e del numero di famiglie, ma anche dei cambiamenti nella composizione dei nuclei familiari in termini di combinazioni di età/sexo e profili professionali.

Oggi esiste un'organizzazione distinta delle attività del Ministero dei Trasporti, dei Lavori Pubblici e della Gestione delle Risorse Idriche, responsabile per la capacità di gestione, per la capacità di pianificazione e di sicurezza ferroviaria, chiamata Railned. Il Centro di Ricerca dei Trasporti (AVV) coopera con Railned per valutare le opzioni infrastrutturali della rete ferroviaria. L'NNM è usato per ottenere previsioni della domanda ferroviaria. L'ambiente socio-economico per questi studi è basato su scenari disponibili al momento e viene utilizzato per scopi di valutazione politica. Le ipotesi circa l'implementazione delle misure politiche rilevanti per il calcolo della domanda ferroviaria, sono basate sulle idee (linee guida) dei piani politici correnti.

La procedura è che Railned genera ipotesi circa la qualità e il prezzo dei servizi ferroviari che faranno uso delle infrastrutture. Queste ipotesi sono input per il modello e i fattori di crescita per ogni scopo e combinazione origine/destinazione sono calcolati e applicati alle matrici di base per i passeggeri del treno; queste informazioni sono in possesso delle ferrovie olandesi. I viaggi che ne conseguono sono assegnati ai servizi ferroviari. Anche se non vi è alcun modello del tempo di scelta dell'ora di partenza per i viaggiatori del trasporto pubblico, è possibile tener conto delle diverse frequenze dei treni durante il picco e fuori dalle ore di punta mediante la creazione di immagini diverse del giorno: picco (entrambe le tappe del tour sono nel picco), mezzo-picco (una tappa è nel picco e una tappa è fuori dalle ore di punta) e non-picco (entrambe le tappe sono fuori dalle ore di punta). L'output dell'NNM è aggregato per informazioni di modi specifici che rispettino le percorrenze e i tour. I risultati dell'assegnazione che vengono presentati sono basati modello di assegnazione per scopi particolari: Prolop.

Nel caso ideale la conseguente domanda è confrontata con le presunte qualità dei servizi che dovrebbero essere diminuite nel caso di una domanda troppo piccola. Nel caso di

valutazione degli scenari politici, gli effetti di un pacchetto di misure politiche vengono calcolati nel contesto di uno o più scenari che descrivono l'ambiente socio-economico. Durante lo sviluppo dello scenario, questi scenari sono stati solitamente tradotti con un livello dettagliato composto da 345 NNM-zone il quale risulta essere il necessario livello di dettaglio di input per le applicazioni NNM.

La fase successiva nell'applicazione dell'NNM è la traduzione delle misure politiche in input dell'NNM. In alcuni casi, come ad esempio l'aumento del prezzo del combustibile, questo step è facile. In altri casi, come ad esempio l'introduzione delle autostrade, questo step non è banale. In questo caso, l'effetto della segnalazione dell'autostrada sulla capacità che è stata ottenuta in studi di valutazione, viene utilizzato per rappresentarne la misura.

L'NNM genera una quantità enorme di dati di output. I dati che vengono presentati ai responsabili politici di solito sono legati all'uso della rete, alla congestione o alla mobilità totale della combinazione origine/destinazione. Questi dati sono aggregati al livello dell'area Randstad oppure sul Paese intero e sono informazioni relative alla rete, talvolta presentate per tipo di strada e per periodo di tempo nell'arco della giornata.

Come già accennato, l'NNM non è uno strumento idoneo da utilizzare per gli studi di valutazione delle infrastrutture regionali. Tuttavia, l'NNM è adottato per la valutazione completa delle Costruzioni degli Schemi Stradali. Gli impatti, quindi, di solito non vengono valutati per strade separate, ma per il pacchetto completo. Di solito questi studi vengono fatti su richiesta: i responsabili politici del Ministero richiedono AVV per valutare il pacchetto politico. In alcuni casi, anche altre parti sono coinvolte in questi studi, come ad esempio la Presidenza per la Pianificazione Centrale o l'Istituto Nazionale di Sanità Pubblica e l'Ambiente. In cooperazione con la Presidenza per la Pianificazione Centrale (CPB), l'Agenzia di Pianificazione Spaziale (RPD) e l'Istituto Nazionale di Sanità Pubblica e l'Ambiente (RIVM), gli scenari per il futuro dell'Olanda sono formulati su basi regolari. Attraverso l'uso dei modelli economici, vengono fatte delle previsioni sullo sviluppo economico regionale. La distribuzione spaziale delle abitazioni e della popolazione si basa sulle conoscenze dell'Agenzia di Pianificazione Spaziale, del Ministero della Pubblica Edilizia Abitativa, della Pianificazione del Territorio e dell'Ambiente. Questi nuovi scenari sono utilizzati come materiale di base per le scansioni di problemi e per lo sviluppo delle politiche.

Nei primi giorni dell'NNM l'accento è stato posto, più che in questo momento, sulla stima delle conseguenze della mobilità. L'enfasi della politica è cambiata da allora verso le conseguenze per l'accessibilità e gli effetti che hanno le misure politiche sulla congestione. Attualmente risulta particolarmente difficile fornire previsioni accurate sullo sviluppo della congestione con un modello strategico, come NNM è destinato ad essere. La rete non è progettata per calcoli dettagliati in cui l'esatta lunghezza di uno svincolo di uscita potrebbe influenzare la congestione sulla strada principale o, persino, la presenza di un semaforo nell'area urbana potrebbe indurre la formazione della congestione. La tecnica di assegnazione utilizzata nell'NNM, QBLOCK, è una tecnica statica. Sebbene alcuni dei tipici limiti degli assegnamenti di tipo statico sono stati ridotti attraverso l'utilizzo di speciali algoritmi, l'assegnazione QBLOCK può essere fatta solo in modo approssimativo. L'NNM assegna il traffico alle ore medie di tre periodi: il picco mattutino A.M. (7.00-9.00), il picco pomeridiano (15.30-17.30) e le restanti fasce di morbida. Questo è un modulo del Tempo nel Giorno che stima le variazioni del tempo all'interno di una giornata a causa della congestione. Questo modulo non tiene conto delle connessioni tra un viaggio nel picco A.M. e nel picco pomeridiano. Questi due sono accoppiati a causa, ad esempio, dei vincoli di durata dell'attività di lavoro.

Come già accennato, il predetto ammontare della congestione dipende fortemente dalla reazione della congestione per il modulo di scelta del modo e della destinazione. Un diverso modo di reagire cambia sostanzialmente i risultati e in caso di situazioni estreme, a volte, si verificano difficoltà per ottenere l'equilibrio.

Per migliorare la qualità delle previsioni, in modo generale, ed anche, in maniera specifica, per migliorare l'abilità dell'NNM di valutare le misure volte a ridurre la congestione, gli ulteriori sviluppi di ricerca saranno focalizzati su:

- un progetto in cui vengono stimate le nuove matrici di base per i modi automobile, come passeggeri e come guidatori, usando nel processo di stima sia i flussi che i sondaggi (Gunn ed altri, 1997). In questo processo di stima viene presa in considerazione la congestione;
- un progetto che considera un'assegnazione dinamica in connessione con l'NNM (Gunn ed Holfman, 1998; Ben-Akiva ed altri, 1998; van Vuren ed altri, 1998);

- i modelli di frequenza del viaggio e quelli di scelta del modo e della destinazione dell'NNM vengono ricalibrati. Nella nuova specificazione la struttura gerarchica dei modelli di scelta può differire dall'attuale specificazione. Un elemento che può influenzare il modo in cui la congestione, la domanda e la scelta dell'ora di partenza interagiscono, è l'inclusione nella stima di un livello medio di servizio per il modo auto come "autista" invece del livello di servizio nelle ore non di punta, che viene utilizzato nelle attuali formulazioni del modello. Purtroppo non è possibile inserire il valore compreso (o della logsum) derivato dalla dimensione di scelta dell'ora di partenza. Questo modulo prevede solo le modifiche della scelta dell'ora nel giorno di riferimento all'anno base e si fonda sui dati SP. I fattori necessari per mettere in scala questo modello con il modello di scelta del modo e della destinazione, che si basano su dati RP (Releated Preference), non possono essere determinati con i dati a disposizione;
- una ricalibrazione dei modelli di distribuzione temporale (scelta dell'ora di partenza nella giornata). L'idea è quella di migliorare il realismo di questi modelli attraverso la chiarificazione dell'effetto di compensazione del costo (nel caso di pedaggio specifico del periodo), ampliando il numero di periodi e introducendo un accoppiamento tra i periodi con un modello basato sul rischio per la durata delle attività. In una fase successiva, i modelli di scelta del modo e della destinazione possono essere nuovamente stimati utilizzando valori ottenuti dal nuovo modello di scelta dell'ora di partenza.

### *2.4.2. AGGIORNAMENTO DELL'NNM OLANDESE*

Dal 1997 al 1999 è stato intrapreso un esteso progetto di aggiornamento dei modelli comportamentali che si trovano al centro del modello nazionale olandese, l'NNM (Bakker ed altri, 2000). Questo progetto ha fornito nuove versioni dei modelli di frequenza dello spostamento, di scelta della destinazione e di scelta modale. Inoltre, sono state aggiornate e migliorate le differenti fonti di dati usati che alimentano il modello. A partire dal 1999, sono stati applicati nuovi modelli ad un vasto numero di progetti di pianificazione.

Il progetto è stato condotto in parallelo al primario progetto di aggiornamento delle matrici di base, che sono usate dall'NNM per la previsione del traffico automobilistico. I modelli comportamentali dell'NNM sono utilizzati solamente per prevedere i cambiamenti dei livelli di traffico rispetto alle matrici Origine-Destinazione costituite, il più possibile, dai flussi di traffico osservati e dalle interviste stradali.

La principale fonte dei dati, utilizzata per i modelli, è stata la campagna di interviste sul traffico nazionale (OVG). In questo sondaggio, un vasto numero di famiglie sono state intervistate ogni anno, consentendo di basare la modellizzazione sui dati di un singolo anno: per gli studi più recenti, è stato scelto l'anno 1995. In quell'anno, 68.000 famiglie sono state intervistate (per telefono), dando informazioni su tutti i viaggi compiuti in un determinato giorno dai loro 168.000 membri; sono state raccolte un totale di 612.000 registrazioni di viaggio. Per preservare la riservatezza, i dati forniti al team di modellisti dal Central Bureau Statistics (CBS) sono stati cambiati in modo casuale in un piccolo numero di variabili per un piccolo numero di registrazioni. A causa della distorsione casuale dei dati, il CBS, fintanto che era in grado di farlo con precauzione, ha rilasciato dati che forniscono maggiori dettagli sulla localizzazione dei viaggi. Oggi, le localizzazioni sono codificate al livello di codici postali, che sono approssimativamente 3.000 in Olanda, che possono essere, per semplicità, aggregate nelle 1.308 zone attualmente utilizzate nella modellizzazione. Le precedenti versioni erano a livello municipale, circa 600 in Olanda, che sono state suddivise nelle zone del modello. L'aumento dell'accuratezza nella codifica della localizzazione migliora enormemente l'accuratezza del modello e rende possibile l'uso dell'OVG per questo tipo di modellizzazione

dettagliata anziché richiedere un'indagine specifica, come era stato necessario in precedenza.

In questo progetto di aggiornamento è anche stata data l'opportunità di rafforzare altri aspetti dei dati di input per il modello di stima:

- la rete autostradale è stata estesa per includere un elevato numero di strade che inizialmente non si erano potute incorporare a causa delle limitazioni del software: in totale sono stati inclusi nella rete, utilizzata per la modellizzazione, 36.000 rami;
- una nuova importante indagine è stata effettuata per fornire la disponibilità e il prezzo degli spazi dedicati al parcheggio delle autovetture;
- il trattamento della rete stradale è stato migliorato, facendo uso del nuovo software TP+ (un pacchetto commerciale per la pianificazione dei trasporti che sostituisce il diffusissimo programma MinUTP), per meglio tener conto dei servizi paralleli operativi nelle medesime stazioni;
- i dati che descrivono i servizi bus, tram, metro, sono stati forniti dal servizio di informazione pubblica, a fine di ottenere una descrizione più dettagliata e accurata;
- nuove funzioni di costo sono state calcolate per le reti di trasporto pubblico per tener conto delle informazioni più dettagliate sui viaggiatori come, ad esempio, la loro età;
- i modi "lenti" (piedi e bicicletta) sono stati descritti, come nella precedente versione dell'NNM, con distanze in linea d'aria per tener conto di alcune barriere fisiche, tra cui, principalmente, l'acqua.

Il lavoro principale che è stato portato avanti, consiste nella ricalibrazione dei modelli che descrivono la scelta modale, di destinazione e di frequenza di viaggio. Queste scelte sono descritte da una serie di modelli indipendenti, per differenti segmenti di domanda come, ad esempio, il pendolarismo casa-lavoro, i viaggi di istruzione dei bambini, etc. La modellizzazione dei viaggi di istruzione potrebbe essere migliorata enormemente estendendo la collezione dei dati nei sondaggi OVG. Grazie al vasto set di dati disponibili per l'originale stima del modello, è stato possibile introdurre molte altre variabili socio-economiche all'interno del modello: sono state riconosciute un totale di 490 tipi di persone,

grazie all'introduzione di nuove fasce di reddito, in aggiunta alle 16 presenti nel modello precedente. Inoltre, è stato possibile rappresentare bus e treno come modi distinti nel modello, mentre prima erano fusi formando un'unica alternativa di trasporto pubblico.

I modelli sono generalizzazioni della forma comune del logit; sono state effettuate prove per ottenere strutture più articolate per questi modelli e si è visto come queste varino in base allo scopo di viaggio. Ad esempio, per i viaggi di lavoro si cerca la scelta modale tale che sia più elastica della scelta di destinazione, mentre per gli spostamenti per shopping o altro, si cerca proprio l'opposto.

Per il confronto con gli altri metodi di aggiornamento, la stima è stata condotta su una serie di modelli ciascuno dei quali ha cercato di superare i limiti del modello esistente. Questa serie di test illustrava la misura con cui il progresso nella sofisticazione degli aggiornamenti migliora la qualità del modello. Ad esempio, il primo test è stato semplicemente quello di applicare il modello già esistente (senza apporvi variazioni) ai nuovi dati; il secondo è stato quello di aggiornare il modello, come se fossero disponibili solamente i dati aggregati. Il test finale è stato quello di apportare significative modifiche alla specificazione del modello di specificazione. Ogni step nella procedura ha apportato un sostanziale miglioramento nel modello, sia in termini di parametri che di robustezza della base dati.

L'implementazione dei nuovi modelli è stata fatta simultaneamente ad altri cambiamenti del sistema di modelli, incluso l'uso di nuove matrici di base, menzionate poc'anzi, ed il passaggio a processori a 32 bit. L'obiettivo è stato quello di evitare di fare una serie di cambiamenti che avrebbero richiesto test distinti, documentazioni e spiegazioni.

Nei 18 mesi successivi all'implementazione ben riuscita dei modelli, sono state sviluppate un vasto numero di simulazioni. Queste hanno mostrato che il valore dell'elasticità impiegato nel nuovo sistema di modelli differisce dal valore del vecchio pur mantenendo lo stesso ordine di grandezza. In generale, dove ci sono differenze, i nuovi valori sono considerati maggiormente ragionevoli. Sono state portate avanti, anche, specifiche valutazioni politiche come lo studio di infrastrutture, di determinazione delle tariffe e la definizione di Piani.

Più di recente, è stato intrapreso un progetto avanzato di aggiornamento che mira a migliorare il modello di scelta dell'orario di partenza. Questi modelli, che sono



principalmente utilizzati per la previsione della distribuzione dei picchi sotto l'influenza delle politiche di prezzo e/o del picco orario di congestione, hanno cominciato ad essere aggiornati con l'utilizzo dei dati SP e attraverso avanzate tecniche di modellizzazione, per tenere conto della complessa interazione delle scelte nei diversi periodi di tempo.

#### *2.4.2.1. Versione 7 dell'NNM*

Come già precedentemente accennato, la versione 7 dell'NNM è stata sviluppata tra il 1998 e il 2000. Le ragioni che hanno portato a questo importante aggiornamento possono essere così riassunte:

- i modelli core del sistema sono stati stimati sui dati raccolti nel 1982 che non potevano più essere considerati rappresentativi del comportamento degli utenti in Olanda e, oltretutto, la quantità di informazioni risultava essere alquanto modesta;
- le competenze di modellizzazione hanno spostato l'attenzione sia sulle capacità metodologiche che su quelle computazionali permettendo, così, l'utilizzo di modelli più sofisticati e l'uso di reti più ampie e dettagliate;
- negli anni precedenti, erano state fatte due revisioni dei modelli che avevano portato risultati particolarmente positivi; nonostante ciò, erano state comunque fornite alcune indicazioni sui possibili miglioramenti da apportare sulla specificazione dei modelli e soprattutto riguardo al trattamento del reddito;
- la possibilità di apportare miglioramenti ad altri lavori di modellizzazione come, ad esempio, nelle regioni e per le ferrovie.

C'è da dire che il progetto di aggiornamento portato avanti si è rivelato complesso; un sommario è stato illustrato da Bakker e altri (2000). Il maggior numero di miglioramenti è stato fatto su molti aspetti riguardanti i dati, la specificazione e le procedure; questo lavoro

ha richiesto un considerevole ammontare di indagini per stimare il miglior approccio da utilizzare. Il nuovo modello ha superato con successo tutte le difficoltà che erano state identificate; è quindi apparso chiaramente che la versione 7 del NNM ha rappresentato un sostanziale avanzamento di livello rispetto ad ogni altro modello nazionale esistente.

In un progetto parallelo, le competenze sulla modellizzazione regionale sono state potenziate per essere coerenti con la versione 7 dell'NNM ed è stato sviluppato un sistema software che permettesse il suo trasferimento alle agenzie di pianificazione regionale. Il complesso ambiente software, però, rimane come barriera che i nuovi utilizzatori del sistema devono superare.

Tuttavia il progetto dell'NNM 7 non è stato orientato a tutte le componenti del sistema, infatti, i modelli di previsione della scelta del tempo di partenza e la scelta del percorso (assegnazione) per gli automobilisti, non sono stati cambiati; solo in seguito è sembrato necessario lavorare anche su di esse ed, inoltre, è apparso opportuno migliorare le previsioni sul possesso dell'automobile. Pertanto, sono stati commissionati progetti distinti per esaminare i suddetti spunti di revisione; il lavoro incentrato sul possesso dell'autovettura è stato terminato nell'estate del 2004.

In aggiunta, all'interno del lavoro di elaborazione del NNM 7, è stato deciso di avviare un ulteriore test di validazione del modello per mezzo del backcasting. Questi test hanno mostrato che è stata perfezionata l'accuratezza del modello ma, anche, che sono rimasti alcuni punti specifici su cui la performance non è interamente soddisfatta.

In Olanda, relativamente all'NNM, sono ancora in corso la maggior parte degli sviluppi che riguardano le previsioni di sviluppo sull'uso del territorio, sull'utilizzo delle misure estrapolate dall'NNM per la valutazione degli schemi di trasporto, sulla stima dei limiti di confidenza per i modelli di previsione. Si spera che tutti questi potenziamenti possano essere integrati, in larga o stretta misura, con l'NNM stesso.

Chiaramente questo modello è nel pieno della sua vita dopo quasi 20 anni di operazioni. Le applicazioni sono state più o meno continue per un insieme di problematiche politiche, riguardanti principalmente le infrastrutture e le politiche di tariffazione; essendo poi intensive, generano sempre nuove necessità e quindi giustificano il finanziamento di ulteriori

sviluppi. Il modello introduce una serie di nuove idee – l'uso della scelta discreta, la modellizzazione basata sui percorsi, il pivoting, la segmentazione estensiva, la destituzione dei modelli regionali e la scelta dell'orario di partenza all'interno della giornata – che sono state riprese in altri sistemi, sebbene la scelta dell'ora di partenza nel giorno trova poche applicazioni. Comunque, rimane carente l'integrazione del modello merci e inadeguato il software d'implementazione.

Negli ultimi anni è in progetto lo sviluppo di una nuova versione del modello, NNM versione 8 (2001) che ha l'obiettivo di migliorare tutti quei limiti della precedente versione, illustrati finora, e di perfezionare nel complesso l'intero modello.

## 2.5. IL SISTEMA DI MODELLI NAZIONALI NORVEGESE

Lo sviluppo iniziale del modello nazionale norvegese, è stato esplicitamente ispirato dal modello nazionale olandese e, per assicurare che le tecniche sviluppate in Olanda sarebbero state fruibili anche in Norvegia, sono stati impiegati gli stessi consulenti per l'implementazione. Tuttavia, gli obiettivi iniziali del modello norvegese, creato tra il 1988 e il 1990, erano molto più limitati: si occupava di supportare lo studio dell'inquinamento atmosferico globale e pertanto non aveva caratteristiche geografiche. Infatti, l'unico grande obiettivo che ha portato alla creazione del modello nazionale norvegese, era la previsione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> su scala nazionale (Hague Consultino Group e TOI, 1990). È pur vero che risultava essere altresì di interesse disporre di un dettagliato modello di possesso ed uso dell'autovettura, per sostituire quella semplice rappresentazione della domanda di auto e dei carburanti esistente all'interno dei modelli di economia norvegese (MODAG). Così, secondo questi obiettivi, non era necessario avere uno strumento che facesse un dettagliato caricamento (assegnazione) sui rami della rete nazionale. I modelli sono stati progettati per essere eseguiti su una giornata media della settimana lavorativa. Non sono state fornite informazioni sulle ore di punta ed ogni viaggio è stato rappresentato come un tour connesso. La struttura del sistema per la previsione seguiva esattamente l'NNM olandese, privilegiando l'attenzione sui percorsi e apportando principalmente i seguenti quattro cambiamenti:

- l'aggiunta del trattamento dettagliato dei viaggi di lunga distanza;
- l'omissione dai viaggi di breve distanza degli attributi individuali e specifici delle zone;
- l'omissione delle matrici di base pivoting;
- l'aggiunta di un modello di possesso dell'auto e del suo uso.

La prima tra le differenze riscontrate nei due modelli nazionali (norvegese e olandese), presente già nella progettazione iniziale e mantenuta anche nei successivi sviluppi, è stata la separazione tra la lunga e la breve distanza di traffico, il cui limite è dato dai 100 km (come avviene anche nelle analisi trasportistiche in Scandinavia). Questa distinzione sta a significare che i modi di trasporto considerati nei modelli sarebbe potuta diventare più specifica: i modi

lenti non sono rilevanti negli spostamenti di lungo raggio, mentre non occorre considerare gli spostamenti marittimi e aerei nei viaggi di breve distanza. Inoltre, il pendolarismo giornaliero ed i viaggi di istruzione, generalmente, posso essere trascurati nella categoria dei viaggi di lunga distanza.

A causa della disponibilità di un modello locale per Åkershus (l'area di Oslo) e del ruolo rilevante del trasporto pubblico locale in quell'area rispetto al resto della Norvegia, sono stati utilizzati due set di modelli locali: uno per la suddetta area e un altro per il resto della Norvegia.

I modelli di spostamento sia di lunga che di breve distanza, la frequenza di viaggio, le connessioni tra origini e destinazioni e la scelta modale sono stati supportati dai modelli di possesso della patente e possesso dell'autovettura per categorie di popolazione. Anche qui, come per il modello olandese, è stato usato il campionamento prototipale, però utilizzando un differente criterio di ottimizzazione. Per spostamenti di lunga percorrenza sono stati adoperati modelli distinti con cinque scopi di viaggio, mentre su brevi distanze gli scopi di viaggio passavano a sette. Il modello operava su oltre 454 zone (numero che probabilmente è cresciuto nelle più recenti versioni) le quali risultavano essere relativamente ampie, come ci si attenderebbe dalla bassa densità popolativa norvegese. Questa base dati era fondata sul sondaggio nazionale di viaggio norvegese del 1984-1985, fatto su 5.800 individui residenti in Norvegia, numero che si è ridotto a 4.000 dopo lo screening. Ulteriori informazioni sono state raccolte da un sondaggio sul budget; da qui sono state estrapolate stime sui costi fissi e variabili per auto e per auto-kilometro. Successivi sviluppi tra il '92 e il '94, aggiornarono il modello per poter utilizzare i sondaggi nazionali di viaggio del 1991-1992 anziché quelli del 1984-1985; così, con un ulteriore lavoro, è stata aggiunta la capacità di previsione del traffico su specifici rami infrastrutturali.

Riguardo alla necessità dell'equilibrio tra domanda e offerta dei trasporti, solo negli ultimi anni si stanno cominciando a fare delle considerazioni. La Norvegia contiene approssimativamente 1,5 milioni di famiglie, con destinazioni zonali aggregate suddivise in 7 bande di distanza sulla base di 454 comuni. L'impiego iniziale per la parte analitica, per cui sono state coinvolte due differenti consulenze, è risultato esiguo rispetto agli altri Paesi, infatti si aggira intorno ai 0,25 mEuro.

La validazione era espressa, come nel caso dell'NNM olandese, dalle proprietà statistiche dei coefficienti entro specifici range, suggeriti da teorie economiche o da precedenti studi, ed ampliata dal confronto delle principali elasticità con quelle riportate altrove.

Come avveniva anche nel modello nazionale iniziale, le matrici O/D non venivano validate ma, solamente, la percorrenza complessiva all'interno di raggruppamenti di viaggiatori.

La prima osservazione da fare sull'originario lavoro norvegese, è che non sono stati necessari enormi budgets per sviluppare quei modelli di simulazione abbastanza elaborati in quanto costruiti sulla struttura di base dell'NNM. Infatti, il risparmio, dovuto al fatto che la rete non era complessa e che non ci sono stati costi di sviluppo, risulta notevole. Il lavoro includeva la costruzione e il trasferimento di software applicativi, consentendo l'esplorazione di una gamma completa di tariffe, regolazioni e controlli di velocità per venire in contro agli obiettivi ambientali nazionali. Sono state prodotte previsioni complete per i tre anni successivi al 2025 e, queste, sono state giudicate migliori in confronto all'output prodotto dal modello macroeconomico MODAG; in particolare sono in grado di portare il processo alla comprensione degli effetti causati dai cambiamenti demografici.

A partire dal 2000, gli sviluppi apportati al sistema, si sono focalizzati solamente sulla ricerca di modelli sempre più dettagliati in ambito spaziale.

## 2.6. IL SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI ITALIANO

In Italia sono stati sviluppati fondamentalmente due differenti modelli nazionali, entrambi sistemi di supporto alle decisioni: SASM-SAVEF, che supporta il sistema di modelli per le decisioni tattiche (Nuzzolo e altri, 1995b; Cascetta ed altri, 1996a) sviluppato dalle Ferrovie dello Stato. Esiste un altro DSS sviluppato dall'ANAS su architettura simile a quella dei precedenti utilizzato per soli fini interni dell'ANAS e tutt'oggi non pubblicato. Pertanto nel proseguo vengono sinteticamente descritti il SIMPT (paragrafo 2.6.1) ed il SASM-SAVEF (paragrafo 2.6.2).

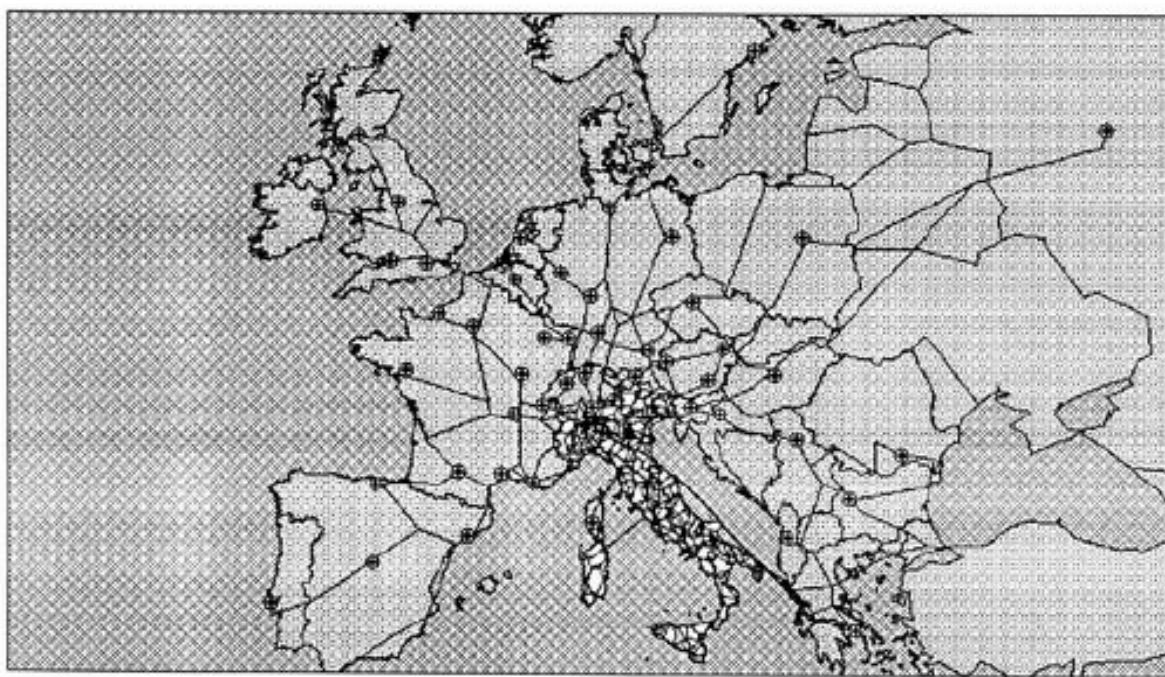
### *2.6.1. SIMPT*

Il modello nazionale italiano che, come si vedrà in seguito, in realtà viene distinto in due modelli nazionali, è tra tutti gli altri modelli quello realizzato con più successo; infatti esso è stato rappresentato dal un livello di dettaglio particolarmente ricercato e dalla tecnologia più avanzata esistente al momento della sua creazione. Tutti gli oggetti impiantati al suo interno sono stati forniti dal Ministero dei Trasporti utilizzando una metodologia standardizzata ed efficiente applicata su tutti i modi di trasporto. È stato presentato come un sistema informativo per il supporto alle decisioni, vale a dire che esso si trova a far parte dell'apparato ministeriale che prende le decisioni. Gli obiettivi che hanno portato alla creazione del modello nazionale italiano, sono stati:

- simulare il comportamento dei sistemi di trasporto;
- formulare pianificazioni e politiche di gestione;
- verificare l'efficienza delle politiche proposte.

Il sistema, che è nato con il nome di SISD (figura 2.6.1) e nel corso degli anni è stato ridefinito sotto l'identificativo di S.I.M.P.T. (Sistema Informativo per il Monitoraggio e la Pianificazione

dei Trasporti), è molto ambizioso e di questo ne ha merito la tecnologia informativa dei suoi modelli core, che consente un grado molto elevato di utilizzo del sistema agli utenti non specialisti (non specialisti né di trasporti, né di software e né di sistemi). Esso si differenzia dagli altri modelli nazionali per alcune caratteristiche: la particolare attenzione posta sui modelli merci e sull'integrazione di questi con i modelli di traffico dei passeggeri, formando un unico modello; la differenziazione dei modelli in base alla stagione (modelli estivi e modelli invernali) e in base al giorno della settimana (modelli per i giorni feriali e modelli per i giorni festivi); la distinzione tra i modelli di spostamento dei residenti con i modelli di scambio con l'estero, di particolare rilevanza vista la ricca industria turistica presente in Italia; infine, un sofisticato trattamento dei percorsi scelti dagli automobilisti, considerando separatamente le rotte interregionali da quelle di lunga distanza. Di contro, risultano però essere meno dettagliati i modelli di scelta modale italiani rispetto agli altri sistemi di modelli nazionali (Cascetta ed altri, 1996).



*Figura 2.6.1. Rappresentazione della versione originaria della rete del SISD*



I modelli del SIMPT sono stati costruiti dai leader italiani nel settore, come IT Consultancy e FINSIEL, coordinati con altri gruppi di ricerca italiani (Governo, Operatori di servizi, Università e consulenze). Il team italiano degli sviluppatori del modello era a stretto contatto con il team olandese e con i team di altri paesi; il lavoro svolto dai colleghi esteri aveva gettato le basi per i nostri studi nel 1993. Tuttavia essi scelsero un approccio del tutto differente, decisero di porre maggiore enfasi sugli aspetti comportamentali a discapito di quelli geografici. Infatti l'Italia per intero è stata rappresentata solamente da 270 zone circa, meno della Norvegia, nonostante il fatto che quest'ultima abbia il 10% in meno della popolazione italiana. Inoltre una maggiore attenzione è stata posta all'aspetto computazionale: è stata sviluppata una sofisticata interfaccia utenti basata su Windows NT, in grado di offrire, ad una determinata cerchia di utenti, l'accesso al sistema e alle informazioni sottostanti.

A causa delle differenze rispetto agli altri modelli nazionali - i cui sviluppatori hanno influenzato quello italiano - che riguardano l'enfasi posta sull'uso dell'ambiente, sulle capacità di pianificazione e sulla costruzione del sintetico modello di domanda di viaggio, è difficile produrre una stima dei costi che sia strettamente comparabile con le esperienze inglesi, olandesi e norvegesi. Comunque è stata fatta una "stima della stima", che si aggira tra i 2.0 e i 3.0 mEuro e fa riferimento alla raccolta dei dati e al processamento che è stato proposto.

La struttura può essere descritta facendo riferimento all'NNM olandese; vanno comprese, però, anche le seguenti sostanziali varianti ed estensioni:

- trattazione della differenziazione in inverno ed estate, in cui turismo e svago incidono in maniera impari e su cui va fatta particolare attenzione;
- avere un range di procedure di assegnazione che riuniscono insieme la scelta del percorso (tra una serie di alternative) con il caricamento incrementale, al fine di stimare condizioni di viaggio sempre più realistiche;
- riconoscimento delle diverse gerarchie di viaggio intra-regionali e nazionali, attraverso un precarico dei flussi regionali prima di prendere in considerazione le rotte nazionali;

- l'aggiunta delle strutture di supporto alle decisioni che forniscono informazioni per l'elaborazione e la valutazione delle politiche.

La base dati del SIMPT è composta da:

- informazioni personali di viaggio su base familiare, ottenute telefonicamente in 14 anni circa; in totale sono state raccolte 6.000 interviste estive e 10.000 invernali;
- informazioni ai valichi di frontiera (interviste ai porti, aeroporti e stazioni ferroviarie internazionali); in totale sono state raccolte 12.000 interviste estive e 14.000 invernali;
- conteggi manuali di traffico su 125 sezioni principali (in entrambe le direzioni, includendo 13 passi) fatti durante una giornata lavorativa e ripetuti le domeniche ai passi.

In totale sono state distinte 267 zone nazionali e circa 1.000 zone regionali. Inoltre sono stati distinti i seguenti modi: auto, bus, aereo, treno interregionale, treno intercity e treno notturno. Approssimativamente il Paese contiene 56 milioni di persone. Per una descrizione particolareggiata riguardo alla base dati, all'architettura, ai modelli e alle altre caratteristiche del SIMPT, si rimanda ai capitoli successivi.

In conclusione, il SIMPT italiano è indubbiamente il più ambizioso tra primi quattro progetti di modellizzazione nazionale con la finalità di software di supporto. Comunque, la complessità della struttura del sistema, di cui se ne riporta un esempio in figura 2.6.2., (in particolare l'attenzione posta sulla variazione del tempo nell'arco dell'anno, inverno ed estate, e sui metodi scelti per far usufruire a tali assegnamenti ampie reti nazionali) sembra essere un prezioso punto di forza in quanto permette al modello di adattarsi brillantemente alla realtà del Paese: la conformazione dell'Italia è lunga e sottile, il clima ha estremi di temperatura ed è presente una importante industria turistica stagionale.

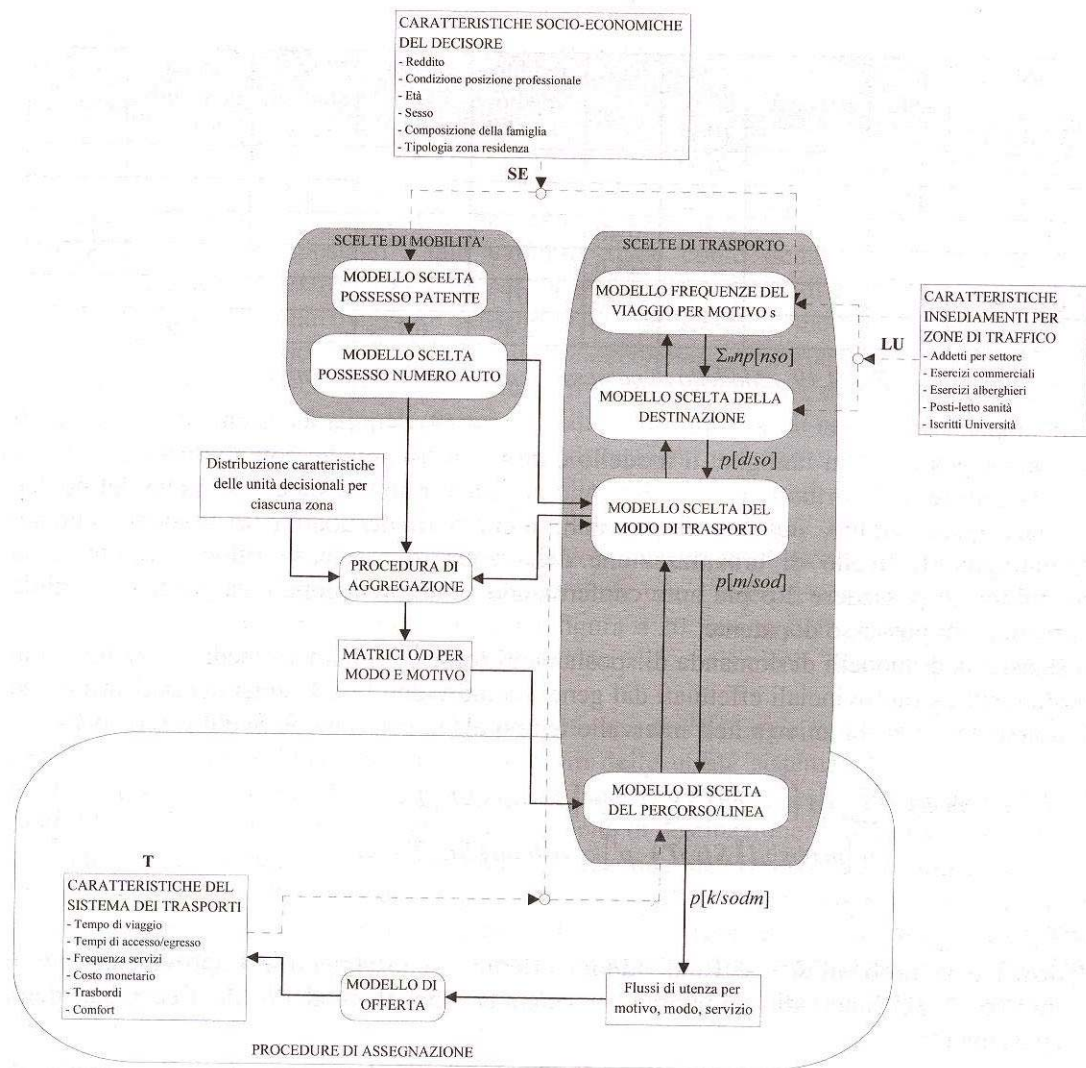


Figura 2.6.2. Struttura del sistema dei modelli per la domanda di spostamenti extraprovinciali

### 2.6.2. *SASM-SAVEF*

Il SASM è stato sviluppato ed è tutt'oggi utilizzato dalle Ferrovie dello Stato italiane per assistere il processo decisionale per il corridoio di piani di marketing operativo dei servizi ferroviari di lunga distanza (SINTRA 1994; Nuzzolo e altri, 1995b; Cascetta ed altri, 1996a; Russo e Beltrami, 1996). Per quanto riguarda il piano di marketing in termini generali, il sistema di supporto è stato particolarmente utilizzato nelle analisi dello scenario attuale e nella fase di definizione delle strategie di marketing da utilizzare nelle seguenti funzioni:

- fornire analisi e confronto delle caratteristiche dei servizi ferroviari e con i modi competitivi (auto, bus, aereo);
- prevedere gli effetti, in termini di traffico e di ritorno per il sistema ferroviario, delle variazioni nelle caratteristiche e nei prezzi del servizio.

Le variabili di decisione in considerazione includono le caratteristiche operative (percorsi, fermate, time-table e composizione del treno) ed i prezzi dei servizi.

Le prestazioni dei modi/servizi ferroviari e competitivi, il "carico" dei passeggeri (sulla rete) ed i ritorni di ogni singolo treno di uno scenario progettato, sono stati calcolati attraverso una sequenza di fasi, costituita da (vedi figura 2.6.3):

- formulazione di uno scenario di progetto, in particolare la definizione delle caratteristiche operative e dei prezzi dei servizi ferroviari;
- generazione di modelli forniti di uno scenario di progetto;
- calcolo delle corse alternative e del relativo livello degli attributi di servizio per i modelli di domanda;
- calcolo delle probabilità per ogni configurazione alternativa di ferrovia/servizio/corsa/classe per ogni segmento di domanda e per ogni coppia O/D, mediante un sistema di modelli di scelta;

- applicazione di tali probabilità alle matrici O/D ferroviarie “correnti” e calcolo del numero dei passeggeri  $d_{OD}(s, ser, cl)$  degli utenti del segmento di domanda  $s$  sulla coppia O/D che usa il servizio ferroviario  $ser$  con classe  $cl$ ;
- assegnazione dei nuovi flussi O/D alle reti del relativo servizio ferroviario;
- determinazione dei fattori di carico di ogni treno considerato per ogni ramo che vi appartiene;
- determinazione dei ricavi ferroviari.

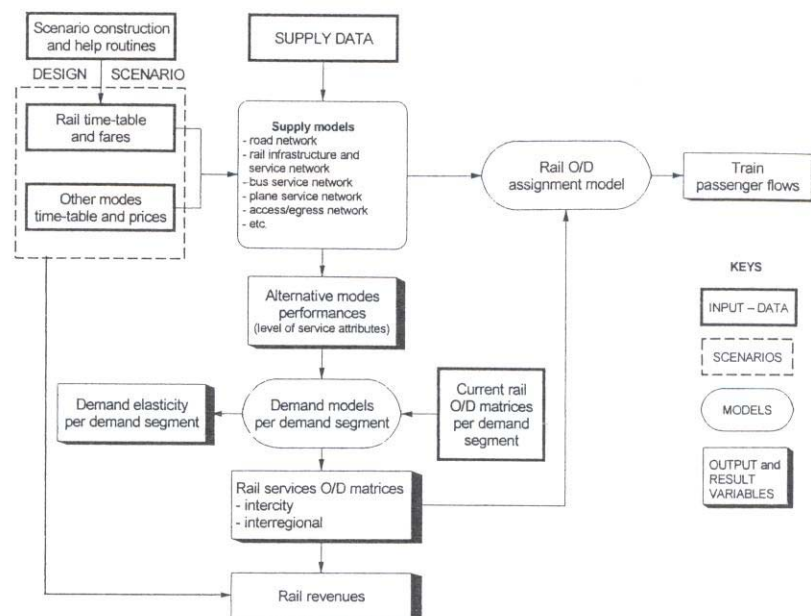


Figura 2.6.3. Architettura funzionale del sistema SASM

Le principali componenti di simulazione SASM, sono state le seguenti:

- modelli di offerta, che permettano sia di calcolare gli attributi del livello di servizio dei vari modi/servizi per ogni coppia O/D, che di effettuare le procedure di assegnazione:
  - a) modello di rete infrastrutturale delle strade e dei terminali, che comprende:

- grafi stradali interprovinciali, interregionali e nazionali, con centroidi di zona e connessioni ai nodi della rete, ai nodi dei terminal ferroviari, aerei, degli autobus e dei traghetti, ed i relativi archi di accesso;
  - caratteristiche degli archi, in particolare i tempi e costi di viaggio;
- b) modello di rete infrastrutturale ferroviario;
- c) modelli di rete diacronica dei servizi ferroviari (ottenuti dagli orari dei treni intercity, regionali/interregionali e notturni), dei servizi aerei, dei servizi dei bus interregionali ed interprovinciali;
- d) modello di rete dell'accesso/egresso dai centroidi ai terminali.
- modelli di domanda.
  - modelli di assegnazione.

## 2.7. IL SISTEMA DI MODELLI NAZIONALI SVEDESE (SAMPERS)

Nel novembre del 1997, l'Istituto Svedese per il Trasporto e la Comunicazione delle Analisi (SIKA) ha esposto le proprie necessità di avere nuovi modelli di pianificazione dei trasporti a livello nazionale. Lo scopo del progetto del SAMPERS (modello di trasporto svedese per passeggeri su scala nazionale) è lo sviluppo di:

- un sistema computerizzato di previsione del traffico facilmente utilizzabile;
- nuovi modelli di domanda di viaggio per tutti gli spostamenti in Svezia.

Hanno risposto a queste richieste un gruppo misto di agenzie governative composte da: SIKA, Swedish National Road Administration, Swedish National Rail Administration, the Swedish Transport and Communications Research Board, the Swedish Board of Civil Aviation and the Swedish National Administration of Shipping and Navigation.

Per quanto riguarda la richiesta di un sistema facilmente accessibile, nel gennaio del 1998 è stata presa una decisione riguardo all'utilizzo di un nuovo programma di assegnazione, ovvero si è pensato di continuare ad utilizzare EMME/2 (come avviene ancora attualmente, figura 2.7.1) per il traffico individuale e il trasporto pubblico regionale, accompagnato dall'utilizzo di un nuovo impianto per assegnazioni deterministiche per il trasporto pubblico di lunga distanza.

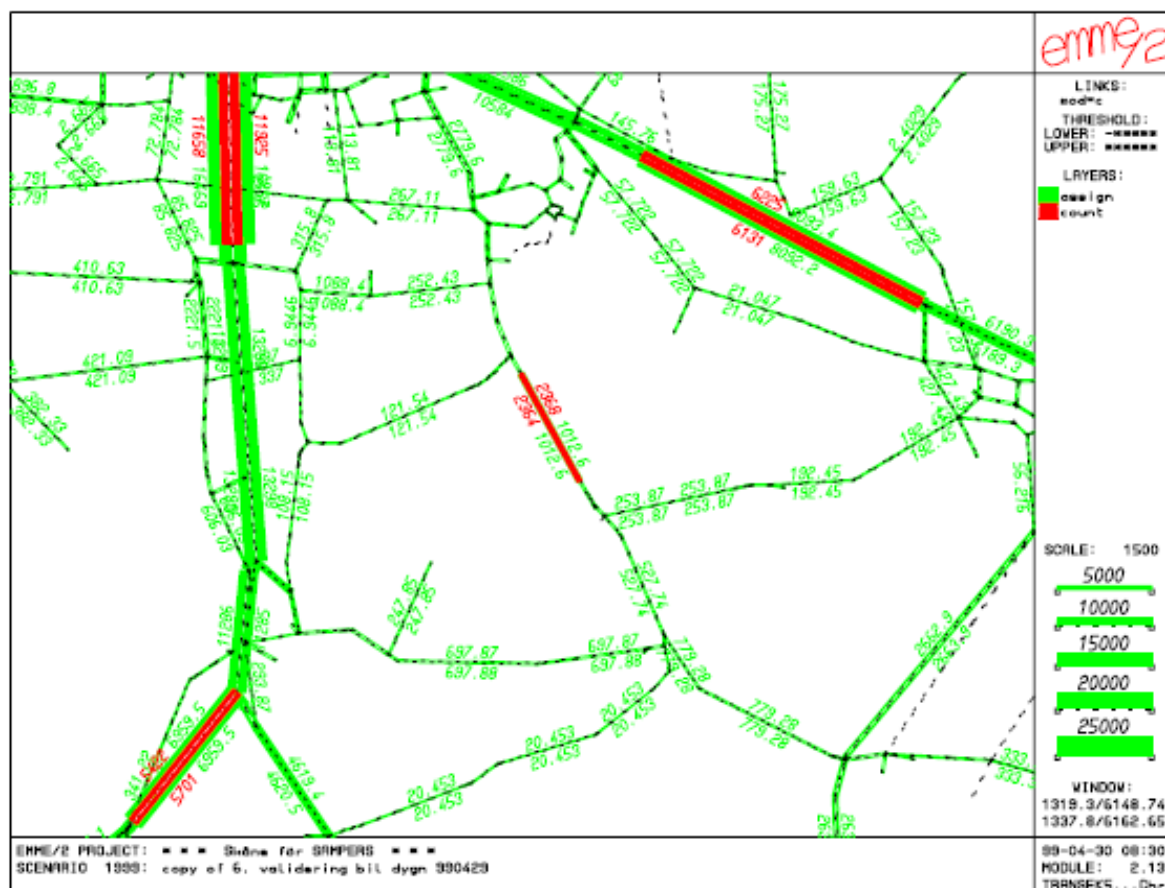


Figura2.7.1. Flussogramma rappresentante il traffico stradale al sud della città di Malmö

Invece, per quanto riguarda la richiesta di nuovi modelli di domanda, nel marzo del 1998, cioè quando è stato firmato un contratto con Transek, quale maggiore consulente, ed HCG ed altri, quali sub-appaltatori, essi si sono impegnati a provvedere a questa necessità. I modelli di domanda e il sistema semplificato dovevano essere consegnati nella loro primaria versione a fine gennaio 1999 e a giugno dello stesso anno nella versione finale. Il contratto includeva altresì una serie di opzioni per successivi sviluppi del sistema dopo la consegna finale. Il costo totale dei modelli di domanda era approssimativamente di 0,11 milioni di Euro; in aggiunta il sondaggio di traffico, che è stato importante soprattutto per lo sviluppo del modello, è costato 0,125 milioni di Euro. A questi, andrebbero aggiunti i costi per i programmi di assegnazione e per la codifica delle reti e dei dati che provengono da differenti fonti.



Ci concentreremo, nel seguito, nel ricercare le motivazioni che hanno spinto alla formazione di un nuovo sistema, si percorreranno cronologicamente tutti i contesti e le fasi che hanno portato a ciò; per fare questo si inizierà col presentare come è organizzata la politica dei trasporti in Svezia. Nonostante una lunga tradizione di pianificazione strategica in questo Paese, col passare degli anni i modelli hanno creato problemi, o meglio, hanno presentato dei limiti; la coscienza di questa realtà e la disponibilità di nuovi dati e informazioni in ambito trasportistico, hanno così portato alla creazione del nuovo sistema svedese SAMPERS, di cui si tratterà dettagliatamente in un secondo tempo.

In Svezia, le risorse per gli investimenti infrastrutturali nei differenti settori di trasporto, vengono allocate a livello governativo. In questo processo, i progetti che si riferiscono a diversi settori e a diverse regioni vengono comparati gli uni con gli altri. Pertanto si ha la necessità di valutare i differenti progetti in modo coerente e comparabile, ciò richiede un processo di pianificazione coordinato oltre ad adeguati strumenti di valutazione. La responsabilità sulle problematiche trasportistiche riguardo alle infrastrutture è suddivisa a vari livelli: governativo, regionale e locale. In molti casi la politica di trasporto nazionale stabilisce un quadro per questo tipo di decisioni. Recentemente, la valutazione delle misure di politica dei trasporti, è stata più strettamente integrata con la valutazione degli investimenti nelle infrastrutture. Ampliare questo obiettivo ha fatto sì che aumentassero ancora di più le richieste di strumenti di valutazione.

La pianificazione strategica delle infrastrutture ha una lunga tradizione in Svezia. La valutazione economica fa uso delle analisi costi-benefici, iniziata già nella seconda metà degli anni '60 nel settore stradale. Le previsioni sono state utilizzate sempre più in maniera estensiva nel corso degli anni.

SIKA ha cominciato il suo lavoro nel 1994. Tra le responsabilità primarie c'erano la coordinazione della pianificazione delle infrastrutture, le previsioni per gli sviluppi del traffico personale e il trasporto merci, lo sviluppo di metodi di previsione e, infine, la valutazione della pianificazione dei trasporti e la comunicazione delle infrastrutture.

L'amministrazione nazionale stradale ha una lunga tradizione nella pianificazione strategica e nelle analisi costi-benefici dei progetti di investimento. Inoltre questa amministrazione prepara le linee guida delle analisi costi-benefici nel settore stradale.

Nel 1988 la compagnia nazionale ferroviaria è stata divisa in una organizzazione responsabile per il funzionamento dei treni come un business, the Swedish State Railways, e in un nuovo corpo pubblico responsabile dell'infrastruttura ferroviaria, the Swedish National Rail Administration (analogamente alla situazione italiana in cui Trenitalia gestisce la parte operativa e RFI l'infrastruttura ferroviaria). L'amministrazione ferroviaria valuta gli investimenti ferroviari secondo gli stessi principi socio-economici che sono usati nel settore stradale. Pertanto, le analisi costi-benefici, basati sulla previsione della domanda di viaggio, hanno un ruolo strategico nel settore ferroviario, più che nel settore stradale. In contrapposizione, le decisioni sugli investimenti nel trasporto aereo e marittimo vengono prese solo dal punto di vista del guadagno economico (massimizzazione del profitto).

Le quattro agenzie responsabili della pianificazione delle infrastrutture di trasporto, l'organizzazione di ricerca di finanziamenti e SIKa, hanno formato un'informale ed eterogenea organizzazione di pianificazione. Questa organizzazione, che è guidata da SIKa, è responsabile della coordinazione delle attività di pianificazione nel settore. In questo gruppo, il possedere esperienze derivanti dall'uso di modelli già esistenti, è una delle principali ragioni che ha dato inizio al nuovo lavoro di sviluppo.

Oggi, il gruppo utilizza un insieme di modelli per gli spostamenti personali che include i modelli di possesso dell'automobile, un modello per spostamenti di lunga distanza (oltre i 100 km) e cinque modelli regionali (uno per ogni regione con cui è stata suddivisa la Svezia) che sono stati ampiamente utilizzati nel corso degli anni. Durante le varie applicazioni, però, sono stati rilevati una serie di problemi. I presenti modelli per gli spostamenti di lunga distanza sono basati su dati del 1984/85, quindi sorge il naturale bisogno di fondare i modelli su dati più recenti. Inoltre, essi non includono nessun modello che acquisisca l'importanza del tipo di treno usato. Infatti, quando questi modelli sono stati costruiti, in Svezia esistevano solamente i treni tradizionali, ora, invece, esiste una estesa rete per i treni ad alta velocità che, nel corso degli anni, si sta gradualmente ampliando. Dal momento che la valutazione dei progetti dei nuovi treni ad alta velocità è uno degli usi principali dei modelli di domanda, quanto detto risulta essere un grave problema.

Secondo i modelli di lunga distanza, i prevalenti effetti della considerazione dei nuovi treni ad alta velocità sono il passaggio dal modo auto al modo treno e la generazione di nuovi

spostamenti. La relativa intensità dei diversi cambiamenti possibili è ancora in discussione; il passaggio tra i differenti modi (specialmente con il modo aereo) è stato spesso considerato irrealisticamente esiguo e la generazione di nuovi spostamenti irrealisticamente abbondante.

I modelli, inoltre, hanno scarse specificazioni nelle parti che descrivono la scelta della destinazione. Precedenti modelli includevano variabili di migrazione che sembravano avere un grande potere esplicativo. Durante il lavoro di calibrazione è stato osservato che i presenti modelli non catturano i diversi ruoli delle differenti città (città capitali, città con grandi ospedali che servono un vasto bacino, città con grandi università, ecc..).

I modelli per gli spostamenti regionali utilizzano i dati di viaggio delle grandi città che oltretutto stanno divenendo obsoleti (sono infatti stati collezionati ben oltre 20 anni fa). La maggior parte dei modelli sono stati trasferiti da altre città – solamente a Stoccolma e Gotenburg ci sono modelli fondati su dati locali. Questo ha portato a avere problemi nel momento di adattare i modelli ad aree più scarsamente popolate in Svezia. In parte, queste situazioni potrebbero essere spiegate dal fatto che i modelli mancano di variabili sulla struttura popolativa ed economica (mancano variabili socio-economiche, appunto). I modelli attuali non sono integrati in un unico sistema globale, infatti vengono eseguiti in sequenza. Eseguire questo insieme di modelli con il disgiunto modello di possesso dell'auto, col modello per le lunghe distanze e con i cinque modelli regionali, e quindi assegnare i risultati alla rete, è un'operazione molto ardua. Ad esempio, la valutazione dei progetti sulle principali linee tra Stoccolma e Malmo ha bisogno di risultati che vengono da cinque differenti modelli (tre modelli regionali, il modello di lunga distanza e il modello distaccato per spostamenti al di fuori della Svezia, che appartiene ad un'altra organizzazione).

I problemi dei modelli attuali sono noti ormai da molto tempo. Una nuova campagna di interviste è stata pianificata nel 1994 e, originariamente, si era pianificato che continuasse fino alla fine del 1998 (in realtà, si è ormai deciso che sarà permanente). Una delle principali ragioni che ha portato a intraprendere questo studio è stata quella di ottenere dati per i nuovi modelli di domanda. Questa nuova serie di dati, infatti, fornisce un molto più ampio e attuale insieme di informazioni. Nel sondaggio, ogni intervistato è invitato a riferire tutti gli spostamenti fatti nel corso di una giornata. Vengono così collezionati differenti

caratteristiche di viaggio ed indirizzi dettagliati di Origine/Destinazione. Inoltre gli intervistati sono chiamati a comunicare tutti gli spostamenti di lunghezza maggiore a 100 km fatti in un periodo di riferimento pari ad un mese e maggiori di 300 km in un periodo di 3 mesi. Le interviste includono domande circa l'individuo e la sua famiglia e sono uniformemente distribuite su tutti i giorni dell'anno. Il tasso di risposta è risultato essere leggermente inferiore all'80%. Gli indirizzi specificati nel sondaggio sono codificati per zone (e coordinati quando possibile). Attualmente un 70% del totale degli indirizzi, approssimativamente, è stato possibile codificare in zone. La zonizzazione della Svezia contiene all'incirca 10.000 zone. Gli spostamenti al di fuori della Svezia, verso la Danimarca, la Finlandia e la Norvegia, vengono attribuiti alla nazione; invece, gli spostamenti verso tutte le altre destinazioni estere, vengono attribuiti a NUTS 2.

Finora, sono stati descritti in maniera dettagliata i settori di applicazione per il sistema di modelli nazionali in Svezia. Ciò significa che questo deve essere utilizzato per i seguenti scopi:

- gli effetti della domanda di una nuova infrastruttura e di nuovi servizi, sia per singoli progetti che per programmi di investimento globali;
- gli effetti della domanda a seguito di: cambiamenti nel reddito, differenze nelle strutture popolate, cambiamenti nel commercio, nell'industria, ecc;
- come base di calcolo degli effetti della sicurezza del traffico;
- come base di calcolo degli effetti ambientali;
- come base di calcolo degli effetti del consumo energetico;
- come base di calcolo degli effetti dell'accessibilità;
- come base di calcolo degli effetti regionali;
- gli effetti della politica di trasporto come l'imposizione fiscale, le deduzioni fiscali, le tariffe stradali, le concessioni (permessi) locali, strumenti di gestione stradale, regolamentazioni per le compagnie automobilistiche, ecc.

Fintanto che uno degli scopi primari è la valutazione dei progetti di investimento nelle infrastrutture (specialmente per quelle ferroviarie), è ovvio che i modelli a livello di zone e rete sono dettagliati. Il loro utilizzo per le analisi delle politiche, d'altro canto, richiede che siano incluse nel modello le variabili politiche rilevanti e che il loro impatto sia trovato in modo realistico.

I modelli si occupano di tutti gli spostamenti all'interno della Svezia e verso i Paesi limitrofi in modo dettagliato e degli spostamenti da e per le altre parti dell'Europa a grandi linee. Il sistema comprende: gli spostamenti di tutte le lunghezze, sia i viaggi di lunga distanza che quelli locali con distanze molto brevi, tutti i viaggi non professionali e tutti gli scopi di viaggio, tutte le tradizionali scelte e, in aggiunta, la scelta del tempo e della classe per gli spostamenti, di lunga distanza, con il trasporto pubblico. Il sistema è rappresentato da, approssimativamente, 8.500 zone per spostamenti locali e regionali e 700 zone per spostamenti nazionali di lunga distanza. L'utilizzatore del sistema ha la possibilità di scegliere tra l'assegnazione "tradizionale" basato su headway medi, ecc, e l'assegnazione deterministico basato sui time-table per gli spostamenti di lunga distanza con il trasporto pubblico.

Per bene adattare il processo di pianificazione delle infrastrutture svedese con il nuovo modello nazionale, si è dovuto attendere che il successivo piano infrastrutturale fosse pronto. Questo significa che le previsioni dal nuovo modello nazionale dovevano essere disponibili dal 1 giugno 1999 e che, quindi, il modello nazionale doveva permettere la valutazione dei progetti già nello stesso periodo. Questo, a sua volta, implicava che il nuovo modello nazionale (comprendente sia i modelli di domanda che l'implementazione all'interno di un sistema di previsione di facile uso) doveva essere consegnato dal gruppo di modellizzatori nel gennaio del 1999. Nella primavera dello stesso anno, è stato pertanto utilizzato per il lavoro di calibrazione finale, di test (verifica) e validazione sistematica e anche per "educare" gli utenti del sistema. Questi tempi ristretti di schedulazione hanno influito molto sulla necessità di successivi lavori di sviluppo del sistema. L'ultimo sviluppo è stato realizzato in seguito alla creazione del successivo piano infrastrutturale, nato 4 anni dopo il precedente, nel 2002.

### *2.7.1. SISTEMA E VALIDAZIONE*

Nel 1998, sul modello nazionale svedese è stato intrapreso un rinnovato sviluppo, a seguito di vastissime consultazioni poste in essere dall'autorità che le ha commissionate (SIKA), come già detto. Come risultato, il modello considerato rappresenta una considerevole espressione dei migliori approcci moderni per la modellizzazione nazionale, chiaramente adattato allo specifico stato delle cose in Svezia. Rimane in ogni caso nella corrente principale dei modelli di scelta discreta.

I modelli di traffico passeggeri (SAMPERS) e merci (SAMGODS) sono stati sviluppati sequenzialmente e in parte separatamente e risultano articolatamente adatti al ciclo quadriennale di pianificazione (delle infrastrutture) utilizzato in Svezia. Il modello merci svedese si compone di una serie di sotto-modelli che operano insieme: un modello multi-settoriale dell'economia, un modello di distribuzione dell'occupazione, modelli di commercio estero e interregionale, che portano al modello di rete di trasporto (STAN) e, infine, l'evoluzione dei moduli. Attualmente non ci sono informazioni disponibili sulla convalida di SAMGODS, ma il modello è stato usato in numerosi e importanti studi fatti recentemente, incluso la pianificazione strategica delle infrastrutture.

Riassumendo quanto detto finora, le autorità svedesi hanno una lunga tradizione riguardo all'evolversi dei modelli di domanda di viaggi; la prima generazione di questi modelli è stata sviluppata all'inizio degli anni '80, mentre la seconda nella prima metà degli anni '90. Questi sono sempre stati utilizzati in diversi e disgiunti progetti di pianificazione, ma anche nella preparazione di regolari piani strategici nazionali di investimento nel settore dei trasporti. Si occupavano della frequenza del viaggio, della scelta della destinazione, della scelta del modo (ciascuno dei tre modelli che li rappresentano è stato implementato come modello nested logit), della scelta del percorso e del possesso dell'auto. Per gli spostamenti di lunga distanza, lo scopo del viaggio veniva distinto in viaggio privati o per business; i modelli regionali, invece, avevano sette differenti scopi di viaggio. Oltre al problema della scarsa facilità d'uso del sistema dei modelli, era sorto anche un altro limite: nonostante i modelli fossero piuttosto completi, essi non si dimostravano integrati in un unico sistema a causa del fatto che i modelli sono stati sviluppati in sequenza, nel corso degli anni, da diverse

organizzazioni. Per quanto riguarda la prima problematica, l'esistenza di un più recente sondaggio di traffico nazionale ha reso possibile l'aggiornamento, il miglioramento e l'estensione delle prestazioni dei modelli di domanda di traffico.

Dalle richieste SIKa, sono sorte ulteriori 100 richieste che il sistema avrebbe dovuto soddisfare. Il progetto, quindi, è stato suddiviso in 6 sottoprogetti:

- il controllo di qualità dei dati;
- la stima del modello regionale;
- la stima del modello nazionale di lunga distanza;
- la stima del modello internazionale;
- lo sviluppo del sistema;
- la validazione del sistema di modelli.

Ognuno dei precedenti sottoprogetti è stato suddiviso a sua volta in un vasto numero di attività di cui alcune sono leader.

Come subappaltatori, sono state ingaggiate le seguenti organizzazioni: Push & Pop data (per il design del computer system), C-net Sweden (per il design del database), Hague Consulting Group (gruppo di esperti internazionali per la stima dei modelli internazionali), Swedish National Road e Transport Research Institute (per l'implementazione dell'esistente modello di possesso dell'automobile) e Deloitte & Touch (per consigliare il Transek Project Management).

Dopo l'inizio del progetto, SIKa ha effettuato un'indagine sulle performance di una serie di sistemi concorrenti di assegnazione del traffico; questo ha permesso altresì di dare spunti per lo sviluppo del sistema nel suo complesso. È stata presentata una check-list da cui sono stati testati solamente quattro sistemi: Trips, Visum, Vips ed EMME/2. In base ai risultati ottenuti, si è deciso di utilizzare il sistema EMME/2 come sistema di assegnazione nel nuovo modello nazionale. Un ulteriore test, è stato portato avanti sul linguaggio di programmazione più efficiente, valutando il Fortran e il Visual Basic 5 (VB5). È stato implementato un modello di domanda di traffico già esistente e i risultati hanno mostrato

come in VB5 il tempo di processamento è inferiore del 30% rispetto al Fortran. Per questo motivo, il sistema è stato sviluppato principalmente in VB5.

Come già detto più volte, una delle maggiori ambizioni di questo progetto è quella di ottenere un sistema globalmente integrato e di facile uso. Per questo, esso deve essere molto flessibile per venire in contro sia ai differenti tipi di progetto che ai differenti tipi di utilizzatori del sistema e, allo stesso tempo, permettere a questi ultimi di evitare l'implementazione di errori. Il sistema di previsione del traffico opera con una enorme quantità di dati. Esso comprende modelli per 11 differenti scopi di viaggio, per il possesso dell'auto, per il calcolo degli impatti (sicurezza, ambiente, ecc.) e per calcoli socio-economici. Inoltre contiene centinaia di parametri e variabili che possono essere controllati da ogni utente del sistema (vedi figura 2.7.2). Come ci si aspetta da un sistema caratterizzato da un elevato livello di dettaglio geografico e socio-economico, i tempi di esecuzione sono lunghi. Su un PC standard, il tempo di esecuzione per un modello regionale (il quale richiede il massimo run-time), varia dalle 4 alle 30 ore, a seconda della dimensione della regione; se, invece, un intero set di modelli viene fatto eseguire su un computer, occorrono diversi giorni. Comunque, la possibilità di fare eseguire un progetto su differenti computer può ridurre sostanzialmente il run-time (come eseguire differenti modelli regionali parallelamente).

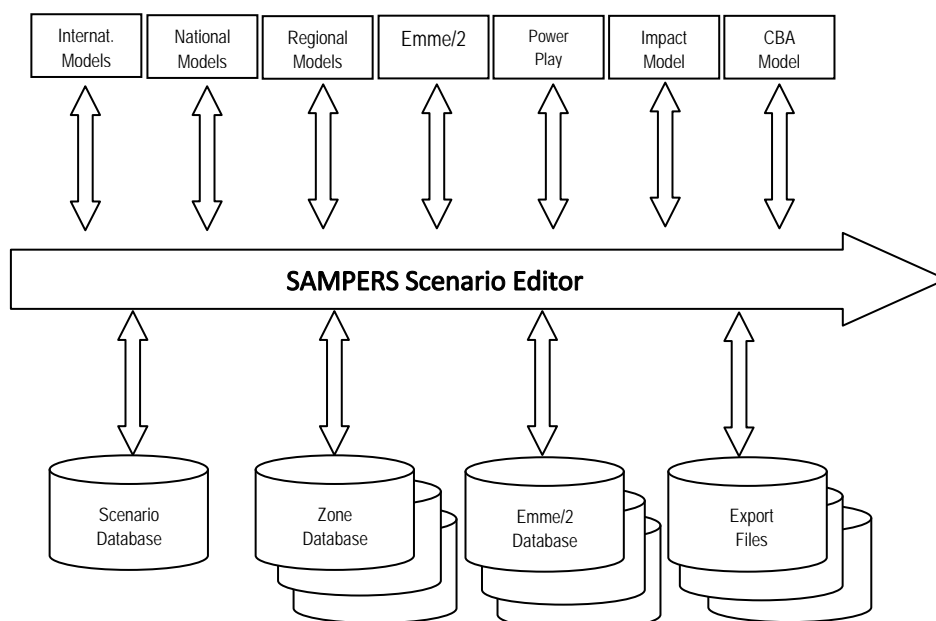


Figura 2.7.2. Architettura del sistema



Il sistema è progettato per analizzare uno o diversi scenari in ogni progetto. La definizione di uno scenario è l'impostazione di un insieme completo di dati (socio-economici, demografici di zona, del sistema di traffico) e della definizione di variabili politiche. Il proprietario del sistema può definire uno o più insieme di dati e parametri di scenario completi come default. L'utente del sistema può copiare lo scenario di default, apporvi dei cambiamenti (sistema di traffico, politiche, dati zonali) e così effettuare una previsione e una valutazione. Per rendere più facile all'utente il controllo dei dati e delle variabili di uno scenario, è stato sviluppato un sistema di controllo dell'informazione. Tutti i dati vengono controllati da una verifica della somma e ogni deviazione dai dati e, dalle variabili di default, vengono identificati dal sistema. Quindi, l'utente ottiene automaticamente l'informazione se un qualunque dato devia da quello definito nello scenario di base.

I dati di cui si era in possesso, si sono rivelati necessari per far sì che i modelli fossero funzionanti e venissero creati nel sistema EMME/2. Di norma, un certo numero di matrici delle componenti del tempo di viaggio deve essere esportato dalla banca dati dell'EMME/2 per permettere l'accesso al software di previsione. Allora, le matrici con i risultati devono essere importate nuovamente dentro la banca di dati dell'EMME/2; ciò può richiedere molto tempo e occupare molto spazio per "l'immagazzinamento" delle informazioni e, per evitare questo, è stato realizzato un processo più diretto. Così, nel sistema SAMPERS, i moduli SAMPERS hanno diretto accesso, per leggere e per scrivere, alla banca dati EMME/2. All'interno del sistema sono definiti tre differenti database: dati di zona, dati del sistema di traffico ed i risultati. I dati di zona sono immagazzinati in un database Access e contengono informazioni socio-economiche e demografiche, come il numero di persone per fascia di età, sesso, stato d'impiego, posto di lavoro e settore economico d'impiego. Inoltre fornisce la chiave di aggregazione dei risultati. I dati sul sistema di traffico, che comprendono le componenti del tempo di viaggio per tutti i modi di trasporto pubblici presenti nel modello, i costi di viaggio e la distanza degli spostamenti, sono calcolati dalle procedure del sistema di assegnazione EMME/2; è proprio nel database di questo sistema che vengono immagazzinate le suddette informazioni. Il sistema di previsione del traffico legge i dati direttamente dal database EMME/2 ed, inoltre, esso scrive, sempre direttamente, le matrici di domanda risultanti in un altro database EMME/2. I risultati, come il numero di viaggi, la distanza in miglia di traffico, le perdite di tempo, l'accessibilità delle zone, il modo, lo scopo

dello spostamento, il gruppo di reddito e il sesso, il possesso dell'auto, la distanza degli spostamenti, vengono immagazzinati dal sistema in un iper cubo (matrice n-dimensionale). Attraverso il software Power Play, strumento particolarmente flessibile che può essere invocato dal sistema SAMPERS, è possibile analizzare e confrontare i risultati nell'iper cubo da uno o più scenari e produrre sia illustrazioni che grafici per una ricca varietà di categorie. I database e il sistema EMME/2 sono stati integrati in un unico software sotto il sistema operativo Windows NT. L'utente può decidere se far funzionare un singolo modello (spostamenti regionali in una o più regioni, spostamenti nazionali di lunga distanza, spostamenti internazionali) o tutti i modelli simultaneamente. I risultati vengono assegnati alla rete attraverso il software EMME/2.

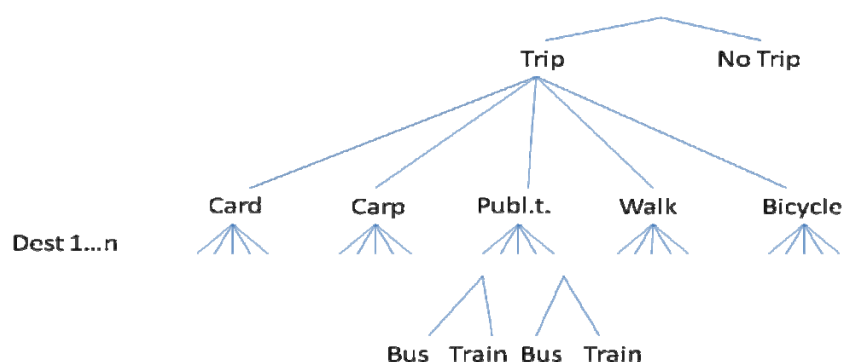


Figura 2.7.3. Struttura del modello per tour che hanno come base casa.

L'attività dei modelli per gli spostamenti regionali è quella di produrre stime di viaggio per i seguenti modi: automobile come autista, automobile come passeggero, bus, treno pendolare, bicicletta e piedi. Inoltre, essi, che sono di tipo nested logit multinomiale, vengono suddivisi nei seguenti scopi di viaggio: lavoro, scuola, shopping, affari e altri motivi privati. I tour sono la base su cui opera il modello e si fa distinzione tra tour di lavoro (tour che hanno come base casa) e i tour non di lavoro; in aggiunta è stata inserita una destinazione secondaria (ad esempio dopo il lavoro si può scegliere di andare a fare shopping o semplicemente tornare a casa). Il modello per la regione del Sud, Skåne, include anche la parte orientale della Danimarca, Sjölland. Per questo tipo di spostamenti, la Svezia è divisa in 8.500 zone, come già detto, il che implica matrici di grandi dimensioni e conseguenti problemi nel caso in cui non vengano apportate ulteriori ripartizioni. Pertanto, sono state definite 5 regioni il cui funzionamento non è simultaneo. (vedi figure 2.7.3 e 2.7.4).

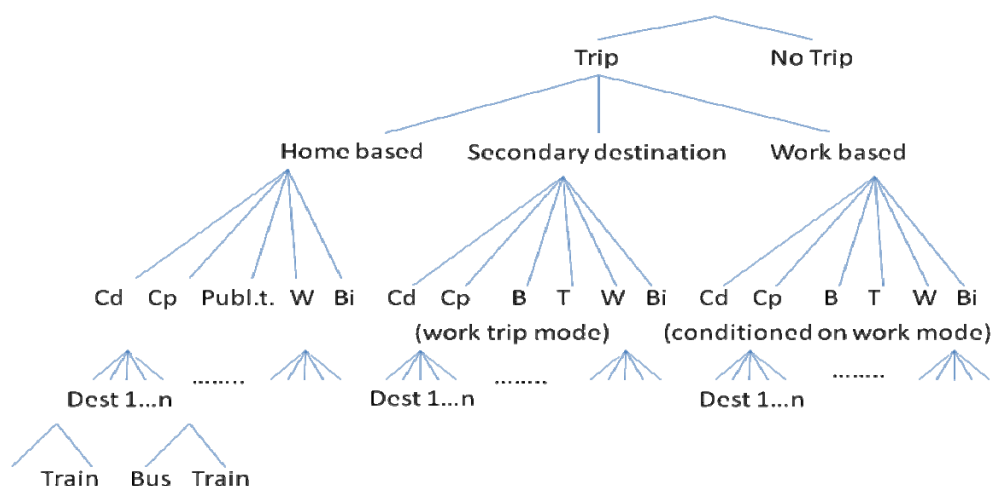


Figura 2.7.4. Struttura del modello per tour non di lavoro.

Gli spostamenti di lunga distanza sono modellizzati come percorsi, più lunghi di 100 km, unidirezionali. I modelli per gli spostamenti nazionali di lunga distanza, anch'essi del tipo nested logit multinomiale, sono suddivisi in due scopi di viaggio: privato e per affari; sono divisi ulteriormente nei viaggi che durano uno o più giorni. I modi presi in considerazione sono: auto, bus, treno intercity normale (IC), treno ad alta velocità (X2000) e aereo. In questo caso è stato definito un approccio in due fasi: la prima, che riguarda lo sviluppo di un modello nested logit disaggregato per la frequenza (livello più alto), la scelta modale (livello intermedio) e la destinazione (livello più basso), e la seconda che consiste nell'aggiunta, alle suddette scelte modellizzate, della scelta dell'orario di partenza (in quanto non si fa riferimento a nessun orario dei servizi per il treno e per l'aereo ma le partenze possono essere sia distribuite uniformemente nell'arco di una giornata che essere accorpate in alcuni specifici istanti di un giorno), della classe (quindi esiste una suddivisione per tipo di biglietto) e del modo di accesso/egresso. Quest'ultima scelta è stata trattata in un modo semplice, ovvero sia attraverso l'aggiunta della variabile di distanza di accesso/egresso, specifica del modo, nel modello principale di scelta modale. L'accesso/egresso è stato modellizzato come uno scopo di viaggio regionale, dove il numero di spostamenti di questo tipo è stato determinato attraverso il numero di spostamenti di lunga distanza. Non c'è però un feedback tra il modello regionale di accesso/egresso e il modello di lunga distanza. Infine, quest'ultimo opera con una zonizzazione di 670 zone che coprono tutta la Svezia. (vedi figura 2.7.5).

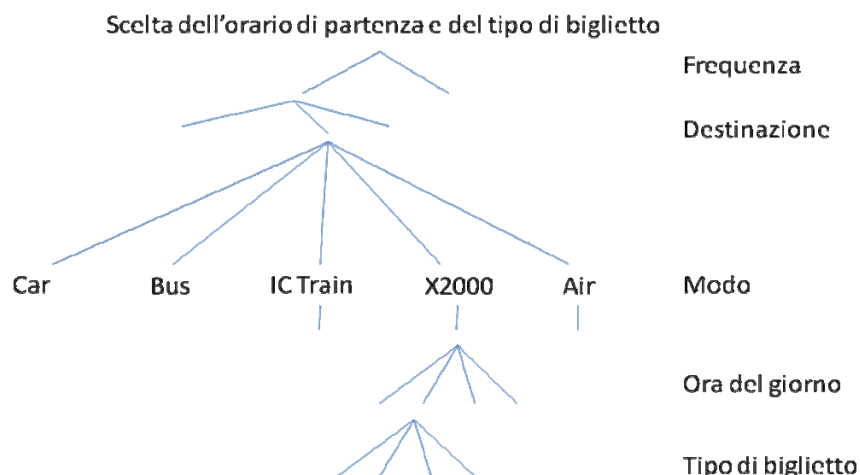


Figura 2.7.5. Struttura del modello per il modello esteso di lunga distanza

I modelli per gli spostamenti internazionali, implementati nell'estate del 1999, sono anch'essi suddivisi in due scopi di viaggio: privato ed affari; inoltre, si distinguono in due differenti modelli, uno per i viaggiatori svedesi da e per gli altri Paesi, e l'altro per i viaggiatori stranieri da e per la Svezia. A questa regola esiste un'eccezione, di cui si è già parlato, vale a dire i viaggi brevi tra l'estremo Sud della Svezia e l'isola danese Sjælland, comprendente Copenhagen, che sono trattati come un'estensione del modello regionale per la regione del Sud. La struttura del modello comprende tre scelte dimensionali: la frequenza di viaggio, la scelta del modo e del percorso. (vedi figura 2.7.6). Nessuna informazione su quest'ultima scelta è contenuta nei sondaggi di traffico, così è stata necessaria la ricerca di un'ulteriore fonte di dati. Quindi è stata svolta una valutazione congiunta del modello per ottenere le stime di parametri per l'intera struttura di modello, che ha conseguito significative valutazioni delle variabili di tempo e costo, come reddito ed accessibilità (variabili logsum provenienti dalla scelta modale e del percorso). La stessa zonizzazione dei modelli per spostamenti nazionali è utilizzata per quelli internazionali; la parte del mondo, o meglio dell'Europa, al di fuori della Svezia, è suddivisa in 180 zone, ed è sempre meno dettagliata all'aumentare della distanza. Anche qui, tutti i modelli di scelta discreta sono di tipo logit, eccezion fatta per il modello di frequenza dello spostamento dei viaggiatori stranieri verso la Svezia che utilizzano un modello ordinario dei minimi quadrati.

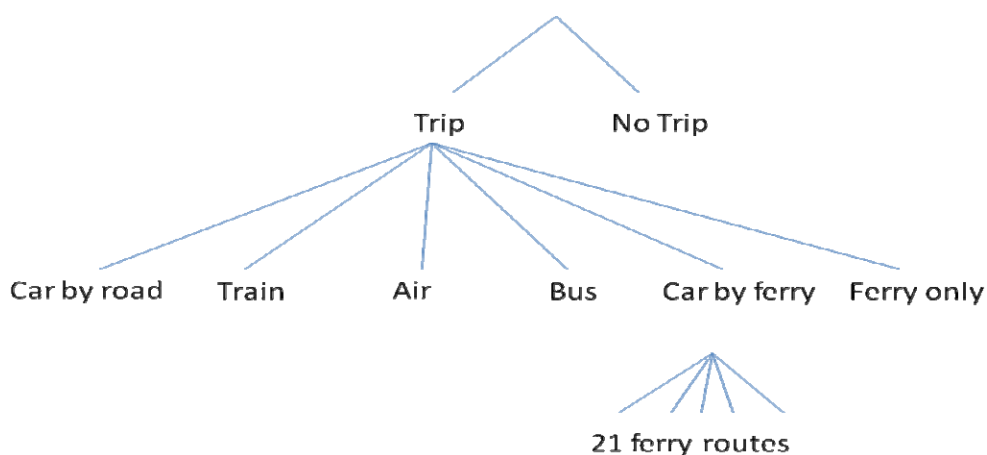


Figura 2.7.6. Struttura degli spostamenti internazionali generati in Svezia.

Il modello di possesso dell'automobile implementato nel sistema è un modello precedentemente sviluppato, basato sul raggruppamento delle auto di proprietà, che richiede in input informazioni sugli individui e fornisce in output le probabilità di possedere un'auto. Il modello è stato sviluppato dall'Istituto Nazionale di Ricerca nei Trasporti e sulle Strade Svedese. Esso fornisce il numero di automobili di proprietà a livello zonale. Le principali variabili in questo modello sono il reddito, il prezzo del combustibile, l'età e la casa produttrice dell'automobile.

I suddetti modelli implementati sono stati soggetti ad alcune validazioni fatte in modi differenti. I test che saranno ora descritti, sono stati effettuati separatamente per ciascuna delle 5 regioni. Nella fase di stima, l'abilità del modello di replicare le reali scelte fatte è stata testata per differenti classificazioni di dati. Dopo l'implementazione, i modelli sono stati confrontati con la base informativa proveniente dal sondaggio di traffico. Infine, le previsioni del modello per la base anno, sono state confrontate con le altre fonti di informazione, principalmente i conteggi di traffico. Oltre a ciò, le elasticità vengono calcolate prima e dopo l'implementazione del modello. Quindi, la validazione dei modelli produce: il calcolo delle elasticità, il confronto tra i risultati del modello e il sondaggio di traffico nazionale svedese ed il confronto tra la domanda di traffico modellizzata e i conteggi di traffico. Per il calcolo sia degli effetti delle esternalità riguardo al traffico stradale che di altri indicatori di valutazione, è stato sviluppato e implementato nel sistema un altro modello, separato dagli altri. Questo opera sui flussi di traffico assegnati e calcola la sicurezza, le

emissioni, il consumo energetico, i costi operativi e di mantenimento. Tale calcolo considera la tipologia degli archi e utilizza modelli di impatto.

Spesso, la domanda prevista è solamente un risultato parziale del processo di pianificazione. Il calcolo dell'impatto ambientale e il calcolo dei costi-benefici, sono step successivi che vengono richiesti da chi prende decisioni. Infatti, il "cliente" (SIKA e le altre autorità) ha specificato la procedura per l'analisi costi-benefici (CBA) e a quanto devono ammontare il surplus del consumatore e gli impatti dell'esternalità. Il sistema SAMPERS contiene due moduli per adeguarsi a tali requisiti. Nel modulo degli effetti, viene calcolato il tasso di emissione e di incidentalità. Invece, nel modulo dei costi-benefici, questi effetti vengono valutati, economicamente, insieme ai costi e ai benefici diretti in termini di tempo di viaggio e di variazione nel costo del veicolo. Il sistema di previsione del traffico salva tutti i dati rilevanti per uno standard CBA e questi risultati possono essere comparati con uno scenario di base specificato. Gli utenti decidono quali parti di questo sistema di previsione del traffico applicare. SAMPERS permette di eseguire una serie di scenari come un'unica applicazione in una sola volta, compresa la domanda di modellazione, l'analisi degli impatti e l'analisi socio-economica.

Infine, esiste ancora un'altra dimensione di risultato che è costituita dalle differenti misure di accessibilità. Anche SAMPERS contiene le misure di accessibilità che possono essere analizzate nel modo orientato ai GIS, usando ESRI MapObjects. Alcune di queste misure sono collegate ai singoli scenari, mentre altre misure si riferiscono alle differenze tra questi. Ci sono tre differenti tipi di misure di accessibilità:

- misure di impedenza, ad esempio il tempo di viaggio o il costo generalizzato per raggiungere determinate aree;
- vicinanza, quanti posti di lavoro possono essere raggiunti nei limiti di un tempo prefissato;
- i dati basati sul modello, ad esempio la distanza che il passeggero ha percorsa e le misure di logsum.

## 2.8. IL MODELLO NAZIONALE DANESE: PETRA

Il modello nazionale danese è stato sviluppato tra il '96 e il '97, principalmente da consulenti svedesi. Anche in questo caso, come è successo in Italia, essendo il team degli sviluppatori a stretto contatto con il team olandese, è stato sviluppato un modello molto simile a quello dell'Olanda, ad eccezione dell'introduzione della differenziazione dei viaggi rispetto alla distanza limite di 100 km, distinzione tipica fatta dai paesi Scandinavi, come si è già visto in precedenza per il modello norvegese. Il modello è stato sviluppato adottando un approccio modellistico disaggregato basato sui dati campionari di spostamento nazionale, seguendo il profilo stabilito nel lavoro olandese.

Il primo utilizzo che è stato fatto del modello nazionale danese è stato, principalmente, lo studio dei servizi ferroviari a lunga distanza ed alta velocità che però non erano ancora operativi nel momento in cui è stata costruita la base dati del modello e, quindi, probabilmente proprio per questa ragione, esso presentava un cospicuo numero di problemi. Un'altra recente applicazione del modello in Danimarca è stata l'utilizzo di modelli di scelta dello scopo di viaggio speciali e molto più dettagliati a causa della struttura geografica della nazione: la Danimarca è una penisola (Jutland) con un numero considerevole di isole.

Il modello PETRA è stato sviluppato dal COWI all'interno di un progetto finanziato dal Ministero dei Trasporti Danese, dal Consiglio dei Trasporti Danese e dal Programma di Ricerca Danese sull'Energia. Il modello fornisce un approccio alternativo alle attività basate sulle analisi della domanda di viaggio che esclude la dimensione del tempo. L'approccio può essere pensato come un'estensione del modello a frequenza di spostamenti; esso permette al modello di affrontare i tour come catene e di trattare la scelta delle attività come endogena. L'approccio ha mostrato sia benefici che problemi. In riferimento ai benefici, il modello ammette molteplici modelli di scelta di destinazione e modo, i quali riflettono le differenti percettibilità per i tour con finalità diverse; le interdipendenze tra frequenze di viaggio per differenti scopi sono significativamente modellizzate e vengono anche catturati un gran numero di differenze tra i segmenti di popolazione. In riferimento, invece, ai problemi, si può vedere come la scelta delle attività e la rappresentazione dei viaggi come

catene hanno un costo sensibilmente inferiore rispetto a quanto si prevedeva a priori. Il modello include solamente le attività di viaggio core, le quali portano alla conclusione provvisoria che queste siano meno sensibili rispetto alle attività non-core. È anche risultato che la sensibilità del reddito sulla disponibilità di un'auto è inferiore a quella trovata nelle analisi sulle serie storiche. Si sostiene che questo è, almeno parzialmente, dovuto agli effetti del raggruppamento e che le analisi sulle serie storiche sopravvaluteranno la sensibilità del reddito riguardo alla disponibilità dell'automobile.

Il modello è stato applicato su una varietà di analisi, tra cui ha avuto un'importanza rilevante l'analisi sull'incidentalità: che effetto hanno le misure politiche sui differenti individui? Tra gli esempi di questo tipo di analisi, si includono: valutazione delle tariffe e dell'elasticità dei servizi di trasporto pubblico nelle varie aree urbane, valutazione della domanda degli autobus per spostamenti di lunga distanza, valutazione degli effetti delle deduzioni delle imposte sui redditi sull'intera comunità, valutazione delle differenze di mobilità e di tassazione tra le aree urbane e quelle rurali.

Il sistema di modello è basato su oltre 13.000 diari di viaggio di una giornata collezionati nel 1995. Ogni persona, l'IP, è stata intervistata sui propri spostamenti avvenuti il giorno antecedente all'intervista. In aggiunta alle informazioni di viaggio dell'IP, il sondaggio contiene informazioni socio-demografiche su tutti i membri della sua famiglia. Vengono identificate due particolari persone in aggiunta all'IP: il capofamiglia, HP, definito come l'adulto all'interno della famiglia con più alto reddito, e il partner, P, definito come la/lo sposa/o dell'IP. Quindi l'IP non può essere la stessa persona dell'HP e nemmeno del P.

Al fine di discutere il modo con cui dati sono stati trasformati, sono necessarie alcune definizioni. Una destinazione è o la casa della persona o un posto dove essa è occupata in qualche attività (l'attività viene chiamata scopo del viaggio). Uno spostamento è definito come il viaggio da una destinazione a quella successiva; vengono ignorate le destinazioni intermedie in cui cambia il modo di viaggio. Un tour è la sequenza degli spostamenti che fa una persona da casa verso una o più destinazioni finché non ritorna nuovamente a casa; vengono ignorati i tour che non hanno casa come base. Una catena è formata da tutti quei tour intrapresi in una giornata, ciascuno comprendente due o più viaggi da casa a

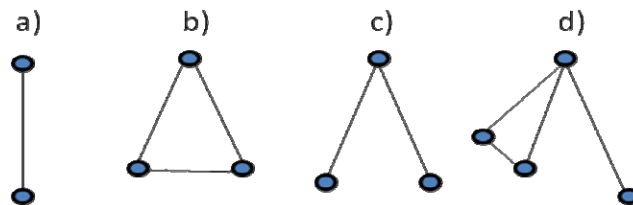


destinazione. Il modello è ristretto a tre possibili scopi di viaggio: lavoro (W), commissione (E) e tempo libero (L). Ogni scopo può verificarsi più di una volta in una catena.

L'interesse è focalizzato sugli spostamenti di una persona nell'arco di una giornata, caratterizzati dalla catena scelta. Le catene osservate sono a volte estremamente complesse, per questo il modello necessita di alcune restrizioni su di esse:

- una catena contiene al massimo 2 tour (il 92% delle catene osservate risponde a questa restrizione);
- un tour ha una o due destinazioni lontane da casa;
- una catena contiene al massimo tre scopi.

In base a questo, sono possibili quattro differenti percorsi di viaggio, vedi figura 2.8.1:



*Figura 2.8.1. Rappresentazione delle alternative ammissibili dei percorsi di viaggio*

Successivamente occorre fare altre restrizioni sul verificarsi degli scopi:

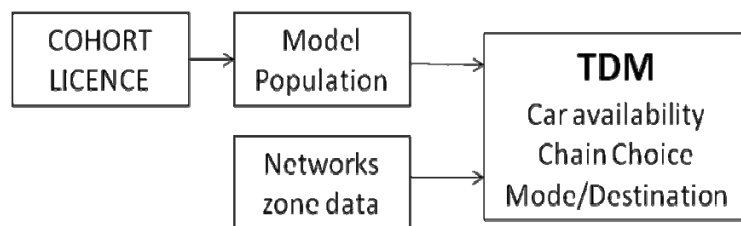
- il lavoro si trova al massimo una sola volta in una catena (soddisfatto dal 93% delle catene osservate);
- sia le commissioni che il tempo libero si trovano al massimo due volte in una catena (soddisfatto, rispettivamente, dal 95% e dal 97% delle catene osservate);
- uno scopo può trovarsi solo una volta in un tour;
- due tour si verificano soltanto quando il lavoro si trova su uno dei tour;
- solamente uno scopo è permesso su un tour che non comprende lo scopo lavoro.

Da queste ultime restrizioni si può osservare che il 91% di tutti i tour include al massimo due destinazioni lontane da casa. Ciò implica che 12 catene sono possibili in aggiunta alla catena vuota corrispondente a restare a casa. Queste catene possibili sono riportate di seguito:

- lavoro, commissione, tempo libero;
- lavoro + commissione, lavoro + tempo libero, commissione + tempo libero;
- lavoro-commissione, lavoro-tempo libero;
- lavoro + commissione-commissione, lavoro + commissione-tempo libero, lavoro + tempo libero-commissione, lavoro + tempo libero-tempo libero.

Una serie di catene osservate deve essere trasformata al fine di conformarsi alla definizione data. Le trasformazioni conservano sempre lo scopo di lavoro e vengono preferite le destinazioni abbastanza lontane da casa. Non sono di interesse né i tempi né la sequenza dei tour e quindi possono essere liberamente riorganizzati all'interno delle catene. Allo stesso modo, anche le destinazioni possono essere liberamente riorganizzate all'interno delle catene. Dove necessario, viaggi extra vengono aggiunti in maniera tale che le catene comincino e finiscano a casa. Un tour che include il lavoro è sempre ritenuto come il primo tour. Poi, le catene vengono abbreviate in maniera tale che contengano solamente un tour in aggiunta al potenziale tour di lavoro. Dei tour rimanenti, viene selezionata una tra le destinazioni remote e tutti gli altri tour vengono cancellati. Una serie di catene e di scopi sono stati cancellati dai dati al fine di ottenere una agevole descrizione delle catene. Il confronto tra il numero degli scopi del diario di viaggio originario con il numero di quelli del diario semplificato, rivela una perdita media del 34%. La perdita è distribuita abbastanza uniformemente tra i diversi tipi di catena, con una piccola perdita nelle catene relative al lavoro e una perdita del 40% circa nelle altre catene. Inoltre i tour trasformati sono i più brevi. Confrontando le distanze calcolate dai dati della rete, per le catene trasformate, con le distanze riportate dagli intervistati si trova che le distanze calcolate riassumono al 71% le distanze osservate.

Le componenti principali di PETRA e le loro interazioni sono mostrate in figura 2.8.2.



*Figura 2.8.2. Le componenti principali di PETRA*

Il raggruppamento e gli effetti della diffusione del possesso dell'automobile fanno risultare una crescita delle auto di proprietà con il cambio generazionale, indipendentemente dalla crescita del reddito. Questi effetti sono modellizzati attraverso due modelli satellite. COHORT modellizza il tasso di possesso della patente di guida per gruppi, definiti dal sesso e dall'età, e proietta questi tassi dalla base anno alla previsione annuale. LICENSE è utilizzato per distribuire le patenti di guida agli individui in modo tale che il tasso di possesso della patente per la popolazione modellizzata nell'anno di previsione mostri quanto predetto da COHORT. I dati sul possesso della patente generati da COHORT (COWI, 1997c) e da LICENSE (COWI, 1997b) vengono presi come esogeni dal Modulo di Domanda di Viaggio, TDM (COWI, 1997d), come anche parte delle caratteristiche della popolazione modellizzata. Il TDM viene applicato per la modellizzazione della popolazione attraverso l'utilizzo dell'approccio sample enumeration (enumerazione del campione). Attraverso la modellizzazione della popolazione, la rete e i dati zonali, TDM prevede la domanda di viaggio e la domanda di automobili.

A livello più generale TDM prevede la disponibilità dell'auto per ogni famiglia della popolazione modellizzata. Per gli IP in ogni famiglia, il TDM prevede le probabilità di scelta delle differenti catene di viaggio condizionate dalla disponibilità delle auto. A livello più basilare, il TDM prevede la scelta del modo e della destinazione per ogni tour della catena condizionata alla disponibilità dell'auto e alla scelta della catena.

TDM produce i risultati in una tavola che contiene informazioni sulla domanda di viaggio dell'IP prevista. La tavola ha i seguenti contenuti:

- ID, che fornisce informazioni sulla tavola per essere combinate con tutte le informazioni sugli individui e sulle famiglie nel database PETRA;
- le probabilità per i tre possibili status di disponibilità dell'auto;

- le percorrenze previste per modo, condizionati alla disponibilità dell'auto;
- le probabilità di scelta delle catene, condizionate alla disponibilità dell'auto.

Questa tavola è inoltre collegata con le tavole contenenti i pesi che pesano nuovamente il campione per renderlo maggiormente rappresentativo della popolazione, sia a livello individuale che familiare.

Un sottomodello di scelta del modo e della destinazione è stato stimato per ogni tipo di tour che si trova nelle catene. Ad esempio, le catene che contengono solo un tour di lavoro, W, vengono modellizzate separatamente. Le catene con un tour di lavoro e uno di commissioni, W-E, si trovano in due sottomodelli: il tour di lavoro viene modellizzato in un sottomodello per i tour di lavoro che sono seguiti da altri tour e il tour di commissioni viene modellizzato in un sottomodello per i tour di commissioni come secondo tour. Quest'ultimo sottomodello include tutti i tour di commissioni fatti come secondo tour, cioè W-E, WE-E e WL-E. I sottomodelli per i tour con una destinazione lontana da casa vengono specificati con 6 modi alternativi e 9 destinazioni alternative, producendo così 54 alternative combinate di modi e destinazioni. Queste alternative si trovano all'interno dei modelli nested logit. Nel caso di tour triangolari con due destinazioni lontane da casa, sono disponibili 4 alternative di destinazione per ognuna delle 9 destinazioni primarie. Ciò produce 36 alternative combinate di destinazione e 216 alternative combinate di destinazione e modo. Anche questi sottomodelli sono di tipo nested logit.

Le variabili esplicative sono il tempo, il costo e gli altri dati sul livello del servizio per i differenti modi. La popolazione e gli impiegati nelle zone di destinazione vengono utilizzati come misure di attrazione. In aggiunta, ci sono anche una serie di variabili socio-economiche che rappresentano: le entrate familiari (redditi), sesso preminente, alla disponibilità d'auto e al possesso della patente di guida.

Il sottomodello di scelta modo/destinazione fornisce appunto le probabilità di scelta del modo e della destinazione, entrambe dipendenti dalla catena. La scelta della catena a sua volta è influenzata, per le differenti tipologie di tour, dall'accessibilità delle destinazioni e dei modi. L'accessibilità delle diverse catene viene misurata dalle logsum dei sottomodelli di scelta del modo/destinazione. Oltre alle misure di accessibilità, il modello viene

rappresentato dalle costanti specifiche delle alternative riferite al giorno della settimana e da un numero di altre variabili socio-economiche, che sono il sesso, l'età e il reddito.

Il modello logit che si trova al livello più alto, prevede la disponibilità dell'auto per la famiglia. Il modello fa distinzione tra le famiglie con uno e con due adulti. Solamente poche famiglie con un adulto hanno due o più auto e poche famiglie con due adulti hanno tre o più macchine. Così, il modello di disponibilità dell'automobile include solamente le alternative con 0 e 1+ auto per le famiglie con un solo adulto e 0,1,2+ auto per le altre. Le principali variabili che illustrano il modello sono le misure di accessibilità, di reddito e di possesso della patente, incorporando il tempo che è dipendente dagli effetti del raggruppamento. Le percorrenze previste in auto vengono calcolati utilizzando la scelta della catena e i modelli di modo/destinazione assumendo che la famiglia abbia 0, 1 o 2 auto, rispettivamente. Il modello successivamente impiega una variabile di urbanizzazione per la residenza della famiglia.

Il sistema di modello è stato eseguito con quattro scenari:

- 95B: lo scenario di base per la popolazione del 1995;
- 95B+: come il 95B con il prezzo del carburante aumentato del 100%;
- 20B: la popolazione del 2020, includendo la crescita assoluta, i cambiamenti strutturali e gli effetti del raggruppamento;
- 20IG: come il 20B con il reddito aumentato del 64%.

Nei due scenari del 1995, la popolazione campionaria è in scala per corrispondere alla popolazione contingente del 1995. Per ottenere la popolazione del 2020, al campione è stata fatta una nuova scala che riflettesse l'anticipata crescita popoлатiva e i cambiamenti strutturali. Inoltre, il modello COHORT è stato eseguito per generare i tassi medi di possesso della patente di guida del 2020 per gruppi definiti dall'età e dal sesso. Poi, il modello LICENSE è stato applicato per assegnare la patente ai singoli individui nella famiglia. Nello scenario 20IG, i redditi sono stati aumentati del 64%, questo aumento corrisponde alla crescita annuale del 2%. Questa assegnazione delle patenti agli individui viene fatto separatamente

per gli scenari 20B e 20IG nel modo in cui il reddito entra nel modello LICENCE per spiegare il possesso delle patente per gli individui.

I risultati dei modelli di scelta di modo/destinazione sono stati aggregati rispetto alle percorrenze previste per modo. L'aggregazione viene fatta per calcolare le percorrenze previste per modo per ogni sottomodello, condizionati alla scelta della catena e alla disponibilità dell'automobile e, così, si forma una media pesata delle distanze utilizzando come pesi le probabilità di scelta della catena e le probabilità di avere a disposizione l'auto. Nella tabella 2.8.1, vengono riassunti i risultati di questi quattro scenari.

*Tabella 2.8.1. Risultati dei quattro scenari del sistema di modello.*

	95B	95B+	20B	20IG
<b>Slow</b>	2,0	2,2	1,9	1,7
<b>Car</b>	15,5	10,9	15,5	17,4
<b>CP</b>	4,4	3,9	4,4	4,0
<b>Bus</b>	1,8	2,0	1,8	1,5
<b>Train</b>	0,4	0,5	0,4	0,3
<b>Total</b>	24,2	19,6	23,9	24,8

Le modifiche apportate agli scenari sono plausibili con i modi auto in quanto reagiscono in maniera più forte mentre gli altri modi non reagiscono abbastanza per compensare il cambiamento della modalità di auto. La tabella 2.8.2 mostra le percorrenze previste per modo e la disponibilità d'auto per gli scenari 95B e 95B+. Certamente, l'uso dell'auto è direttamente proporzionale alla disponibilità della stessa e inversamente proporzionale al prezzo del carburante. Le famiglie che hanno più di 2 automobili sono le più sensibili al prezzo del carburante mentre l'uso del modo auto come passeggero (CP) ne è meno sensibile. L'utilizzo di tutti gli altri modi è inversamente proporzionale alla disponibilità dell'auto, al contrario è direttamente proporzionale al prezzo del carburante. Comunque,

l'uso dei modi senza l'auto non cresce sufficientemente per compensare il decremento dell'uso dell'auto. Quindi, l'effetto dominante della crescita del prezzo del carburante è quello di ridurre l'uso dell'automobile, mentre sul modo passaggio è molto meno forte. La tabella 2.8.2 indica che il passaggio dei modi indotto dall'aumento del prezzo del carburante è maggiore nelle famiglie con 0 auto e minore in quelle con 2 o più auto. L'aumento del prezzo del carburante, così, ha un impatto molto forte sulle distanze attese percorse dai vari modi di trasporto. Secondo il modello, la reazione primaria all'aumento del prezzo del carburante è la scelta di destinazioni meno distanti, quando si viaggia in auto, e la successiva reazione è il cambio del modo. L'aumento del costo del combustibile ha portato al decremento del 19,7% delle percorrenze in auto nel 1995, il che implica un'elasticità (dell'arco) delle percorrenze in auto rispetto al prezzo del carburante, di  $-0,3$ .

*Tabella 2.8.2. Previsione dei chilometri per modo e disponibilità d'auto per i soli scenari 95B e 95B+*

	95B			95B+		
	0 cars	1 cars	2+ cars	0 cars	1 cars	2+ cars
<b>Slow</b>	3,8	1,7	1,2	4,0	1,9	1,3
<b>Car</b>	3,8	16,6	21,2	2,4	11,8	15,6
<b>CP</b>	4,8	4,8	3,7	4,0	4,3	3,3
<b>Bus</b>	3,4	1,5	1,1	3,6	1,7	1,2
<b>Train</b>	0,9	0,4	0,3	1,0	0,4	0,3
<b>Total</b>	16,7	25,0	27,5	15,0	20,1	21,7

Nel modulo TDM, ogni individuo sceglie tra le 13 possibili catene, con le probabilità date dal modello di scelta della catena. La scelta della catena di viaggio è, in effetti, una scelta su quale sia, se ce n'è, lo scopo del viaggio da intraprendere in un giorno e come organizzare gli scopi in un tour. La tabella 2.8.3 riassume il numero di spostamenti e di tour previsti nei quattro scenari. Un incremento del prezzo del carburante ha solamente un effetto marginale

sul numero di spostamenti e di tour. Difficilmente per tutti quanti cambia il rapporto tra gli spostamenti e i tour, il ciò significa che non avviene la sostituzione dei tour triangolari con due tour. Un cambiamento nella popolazione dal 95B al 20B, decrementa il numero di spostamenti e dei tour e anche il rapporto tra i due. Un incremento del reddito fa aumentare tutte e tre gli "oggetti" in modo tale che nel 20IG, il tasso di spostamenti e di tour è minore rispetto al 95B mentre il numero di spostamenti per tour è più o meno il medesimo.

*Tabella 2.8.3. Numero di spostamenti e di tour previsti nei quattro scenari*

	95B	95B+	20B	20IG
<b>Tours</b>	0,986	0,982	0,960	0,965
<b>Trips</b>	2,118	2,109	2,059	2,074
<b>Trips/Tour</b>	2,148	2,148	2,145	2,149

Un altro punto di vista sui cambiamenti nella scelta della catena è mostrato nella tabella 2.8.4 che riassume il numero di volte che uno scopo di viaggio viene eseguito. Così, nel 95B, il 41,5% di tutti gli IP hanno un tour che comprende lo scopo lavoro. La direzione implicita dei cambiamenti è ragionevole, ma i cambiamenti sono spesso minimi. Lo spostamento dalla popolazione del 1995 a quella del 2020, ha un effetto notevole sulla probabilità di una qualunque persona di andare a lavoro o di rimanere a casa. L'aumento del prezzo del carburante ha solamente effetti minimi sulle probabilità, mentre l'aumento del reddito incrementa la probabilità di spostarsi per scopi sia di lavoro che per commissioni, e decrementa la probabilità di rimanere a casa. Il cambiamento della popolazione modellizzata dal 95B al 20B ha un impatto considerevole sulle probabilità di scelta delle varie catene, illustrando che il modello effettivamente assegna le probabilità di scelta abbastanza differenti ai differenti segmenti di popolazione così da giustificare l'inclusione del modello di scelta della catena.



*Tabella 2.8.4. Percentuale di esecuzione di ogni scopo di viaggio*

	<b>95B</b>	<b>95B+</b>	<b>20B</b>	<b>20IG</b>
<b>Work</b>	41,5%	41,3%	38,2%	38,5%
<b>Errand</b>	33,1%	32,9%	33,3%	33,9%
<b>Leisure</b>	36,6%	36,5%	36,7%	36,7%
<b>Stay home</b>	19,3%	19,6%	20,5%	20,1%

Per quanto riguarda il modello di disponibilità dell'automobile, eseguendo il TDM con i quattro scenari si ottengono i seguenti risultati generali mostrati in tabella 2.8.5. Dalla tabella è possibile vedere che nello scenario 95B, il 41,9% delle famiglie con un solo adulto hanno a disposizione un'automobile e che il 18,4% delle famiglie con due adulti hanno almeno 2 auto a disposizione. La previsione della risposta all'aumento del prezzo del carburante è limitata ma nelle famiglie con un solo adulto la reazione è maggiormente prevedibile. Il totale delle auto a disposizione cresce del 10% dal 95B al 20B, dove la maggior parte dell'incremento è dovuto a una più ampia popolazione di previsione. L'incremento nel tasso di disponibilità dell'auto deriva principalmente dall'aumento nella popolazione del tasso di possesso della patente di guida ma anche dai cambiamenti relativi ai pesi dei differenti segmenti di popolazione. L'incremento è maggiore per le famiglie con un solo adulto. La crescita del reddito del 64% dal 20B al 20IG sta ad indicare un aumento previsto del 28% dei parcheggi auto, corrispondente all'elasticità del reddito di 0,43. Nelle famiglie con 2 adulti, il numero delle auto per famiglia aumenta da 1,10 a 1,35, mentre in quelle con un solo adulto, il tasso cresce dallo 0,45 allo 0,61.

*Tabella 2.8.5. Risultati del modello di disponibilità dell'auto per ogni scenario.*

	95B	95B+	20B	20IG
<b>Single with 1+ car</b>	41,9%	40,7%	44,7%	60,6%
<b>Couple with 1 car</b>	70,3%	70,1%	71,2%	55,4%
<b>Couple with 2+ cars</b>	18,4%	18,0%	18,9%	39,2%
<b>Total n° of cars (10<sup>3</sup>)</b>	1,587	1,563	1,745	2,226
<b>Change relative to 95B</b>		-1,5%	10,0%	40,3%

Sulla base di alcune analisi sulle serie storiche delle automobili di proprietà in Danimarca, si è concluso a Brixen (1996), che l'elasticità del reddito a lungo termine delle auto di proprietà, probabilmente è dello 0,8-0,9 circa. Dal 1985 al 1995, il PIL danese ha avuto una crescita media per anno dell'1,7% mentre le auto di proprietà dell'1,1%, che corrisponde alla semplice "elasticità" del reddito rispetto auto di proprietà, pari a 0,65.

Da una serie di analisi fatte sull'elasticità del reddito, si può osservare che le analisi di cross-section restituiscono inferiori elasticità di reddito rispetto a quelle trovate dalle analisi delle serie storiche. Come mostrato dal modello COHORT (COWI, 1997c) ci sono significanti effetti di raggruppamento nel possesso delle patenti di guida e potenzialmente nelle auto di proprietà. La presenza degli effetti del raggruppamento implica che il numero di auto di proprietà è aumentato e che continuerà a crescere indipendentemente dal reddito. Jansson (1989) intuisce che un processo di diffusione (effetto del raggruppamento) deve tener conto di un periodo di declino del reddito in Svezia, di crescita del prezzo del carburante e, nondimeno, di crescita del numero di auto di proprietà. Egli mostra altresì che le auto di proprietà stanno aumentando per un determinato livello di reddito.

Ciò che maggiormente distingue PETRA da tutti gli altri modelli nazionali è il modello di scelta della catena, con cui si concluderà la trattazione di questo paragrafo. Esso rappresenta un nuovo approccio ed è pertanto interessante vedere se tale estensione del tradizionale approccio è giustificato dai risultati. In primo luogo, si può osservare che i modelli di scelta

del modo e della destinazione per le differenti tipologie di tour possono avere parametri abbastanza diversi. Tenendo conto di tali differenze, permette a TDM di rappresentare in maniera molto più attenta i dati. Per tener conto di questo, TDM ha bisogno di qualche genere di meccanismo per assegnare gli individui ai vari sottomodelli di modo e destinazione. Questa è la principale ragione per includere i modelli di scelta della catena. Si crede che i modelli di scelta del modo e della destinazione sono infatti alquanto differenti, ciò provvede una giustificazione per la complicazione dovuta all'introduzione del modello di scelta della catena. In secondo luogo, ogni individuo può scegliere solamente una catena e così le interdipendenze tra le frequenze di viaggio per i diversi scopi sono fissate nella scelta della catena. In terzo luogo, si può vedere che il modello di scelta della catena può rappresentare assennatamente la variazione nelle probabilità di scelta della catena lungo un certo numero di dimensioni. Il modello così divide il campione in piccoli gruppi aventi un maggior numero di scelte omogenee per le tipologie di tour. Quindi, l'assegnazione degli individui ai diversi tipi di tour nel modello di scelta della catena, è significativo. Rispetto a tutti questi punti, si ritiene che sia giustificata la presenza de modello di scelta della catena.

## 2.9. ALTRI MODELLI NAZIONALI IN EUROPA

I modelli nazionali descritti finora, fatta eccezione per il modello dell'Inghilterra, l'RHTM, sono stati sviluppati utilizzando tecniche di disaggregazione dei modelli. Qualche altro Paese europeo ha sviluppato modelli con le procedure di aggregazione più convenzionali; in particolare in Germania sono stati utilizzati un vasto numero di modelli aggregati per la pianificazione ferroviaria e per altre problematiche politiche. Sfortunatamente sembra che solo una minima parte di questo lavoro sia stata riportata in Inghilterra.

Un lavoro particolarmente interessante è stato fatto in Ungheria (Monigl, 1997) dove sono stati sviluppati una serie di modelli, sia monomodali (ciò vale per la strada) che multimodali. Di maggior risalto, come anche negli altri Paesi, è la valutazione dei progetti, principalmente dei progetti autostradali. La modellizzazione è stata ampiamente aggregata ma, nel modello multimodale (TRANSALL) per la scelta modale, è stato utilizzato un approccio disaggregato.

In Francia c'è il modello MATISSE, che ha una struttura altamente segmentata e difficilmente classificabile. È stato sviluppato per la pianificazione ferroviaria sia a scala nazionale che internazionale, ma sembra che il suo impiego per problematiche di politica autostradale venga fatto a livello regionale e su corridoi, piuttosto che a livello nazionale, a causa delle grandi distanze esistenti tra le maggiori città francesi, diversamente da quanto discusso per gli altri Paesi.

Per quanto riguarda gli altri Paesi, in Svizzera, è stato completato e testato un modello in modo soddisfacente. E' usato per la valutazione della politica nazionale, mentre la maggior parte dei cantoni lo hanno anche utilizzato per fornire input ai loro modelli locali. Un modello austriaco è in via di realizzazione ed è insolito come si sia prestata particolare attenzione al trasporto merci.

Anche il Belgio ha preso in considerazione la modellizzazione nazionale dei trasporti.

## 2.10. IL MODELLO NAZIONALE THAILANDESE

Il primo modello nazionale per la Thailandia, NAM, è stato costruito all'interno del progetto UTM (Database dei Trasporti Urbani e Sviluppo dei Modelli) portato avanti da consulenti europei (i quali non sono mai stati coinvolti in nessuna modellizzazione europea), guidati dall'MVA, tra il 1997 e il 2000. Il progetto è stato finanziato congiuntamente dal Royal Thai Government e dall'Asian Development Bank (ADB). Il modello NAM è stato mantenuto e potenziato in due progetti successivi, TDMC (1997-2000) e TDMC II (2000-2004), da un nuovo gruppo di consulenti, JMP e ESRI. Ciò che sarà discusso in seguito fa riferimento solamente al primo progetto, TDMC, in quanto le informazioni sul TDMC II non sono ancora del tutto disponibili. Nel corso dell'UTSG, svoltosi a Bristol nel gennaio del 2005, è stata fatta una panoramica sui modelli nazionali esistenti e, in quel contesto, Sillaparcharn ha illustrato la sua ricerca sullo sviluppo delle capacità dei modelli nazionali, portando come caso di studio proprio la Thailandia.

*Tabella 2.10.1. Caratteristiche socio-economiche della Thailandia*

Area		Population	
(sq.km./ sq.mi.)	514,000/198,455**	Total (millions)	64.87 (2004 est)**
Cities/ Provinces	76*	Growth Rate	0.9% (2004 est)**
<b>Economy</b>		Density (per sq.mi.)	327 (2004 est)**
GDP - purchasing power parity	\$445.8 billion (2002 est.)**	<b>Transportation</b>	
GDP - real growth rate	5.3% (2002 est.)**	Railways	4,071 km (2001)**
GDP - per capita: purchasing power parity	\$7,000 (2002 est.)**	<u>Highways</u>	
Inflation rate (consumer prices):	0.6% (2002 est.)**	Total	64,600 km (1996)**
<u>GDP - composition by sector</u>		paved:	62,985 km (1996)**
Agriculture:	11% (2001 est.)****	unpaved:	1,615 km (1996)**
industry:	40% (2001 est.)****	Waterways	4,000 km**
services:	49% (2001 est.)****	Airports	110 (2000 est.)**
Population below poverty line:	13% (1998)****	Motor Vehicles (thousands)	
<u>Household income or consumption by percentage share</u>		Cars and Vans	2665 (2000)***
lowest 10%:	3% (1998)****	Goods Vehicles	3209 (2000)***
highest 10%:	32% (1998)****	Motorcycles, Scooters and Mopeds	13817 (2000)***
Labor force:	33.4 million (2001 est.)**	etc.	339 (2000)***
Unemployment rate:	2.9% (2001 est.)**	Total	20030 (2000)***
<b>Budget</b>			
revenues:	\$19 billion (2000 est.)****		
expenditures:	\$21 billion (2000 est.)****		

\* Wikipedia 2004

\*\*\* MOT 2003

\*\* Infoplease 2004

\*\*\*\* Reference Guides 2004

L'area di studio comprende la Thailandia intera, che è un vasto paese (poco più di  $\frac{1}{2}$  km quadrato) con un popolazione di 65 milioni di individui circa (nel 2004); per le caratteristiche socio-economiche di questa Nazione si veda la tabella 2.10.1. Il modello ha un totale di 87 zone che coprono 76 province all'interno della Thailandia e 11 collegamenti esterni per i Paesi esteri. Questo implica che il livello di dettaglio è molto inferiore rispetto ai modelli europei. Comunque, esiste un piano, all'interno del progetto TDMCII, per suddividere le 76 attuali zone provinciali in 926 zone distrettuali. Il modello passeggeri mostra la struttura convenzionale dei modelli a 4 stadi che stimano gli spostamenti di veicoli privati, treni, autobus e aeroplani; ad ogni stadio è utilizzata una semplice formulazione caratterizzata da un numero irrisorio di parametri. Il metodo dei fattori di crescita viene usato nello stadio di generazione degli spostamenti, nel quale viene impiegato anche un doppio modello di gravità vincolato; una funzione di utilità è usata per lo stadio della ripartizione modale e viene applicato il software TRIPS per l'assegnazione alle differenti reti degli spostamenti sia in auto che con il trasporto pubblico. La struttura del modello è illustrata in figura 2.10.1.

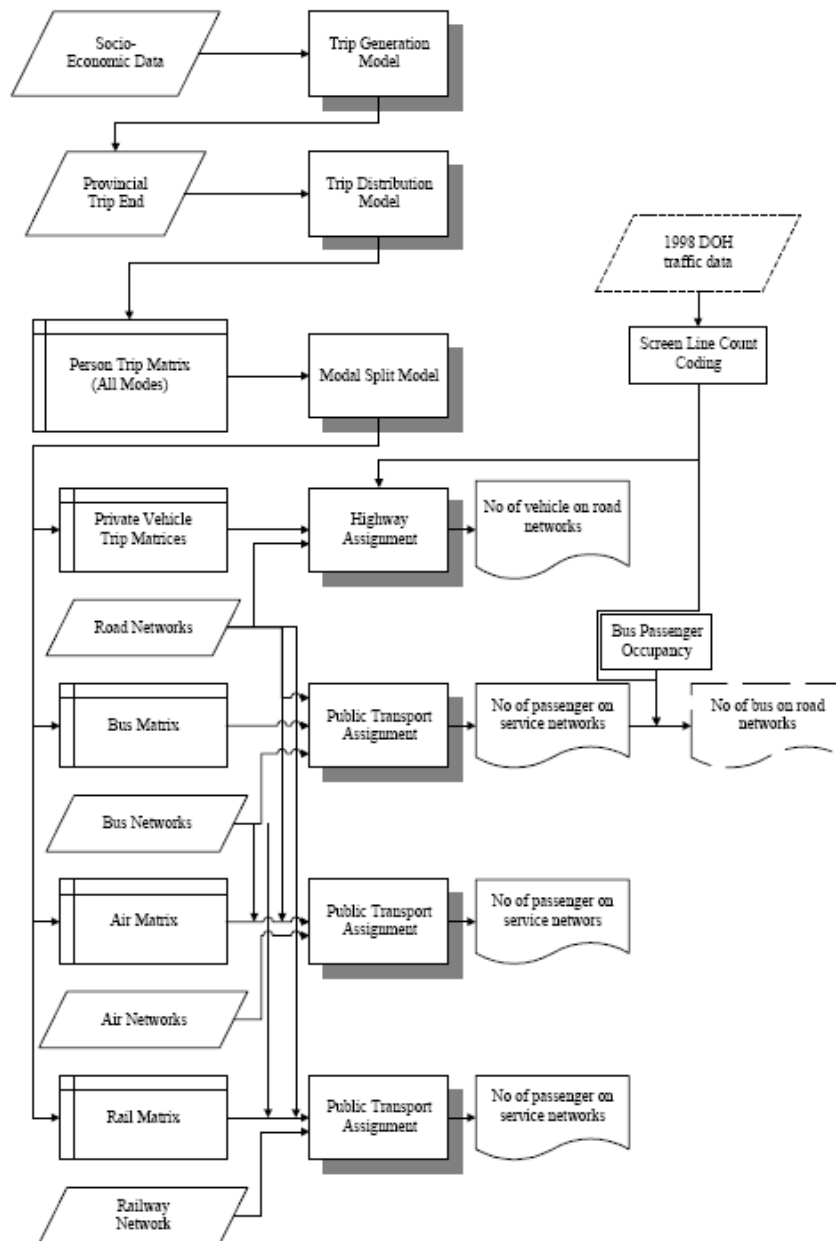


Figura 2.10.1. Struttura del modello di pianificazione nazionale thailandese NAM

Analogamente, il modello di domanda merci utilizza semplici formulazioni per prevedere l'emissione, la distribuzione e la scelta modale del traffico merci. Il modello si adatta imparzialmente ad ogni paese e regione, infatti ha pochi contenuti specifici della Thailandia. I dati utilizzati sono pochi di più rispetto ai dati della popolazione per provincia e quelli economici. Le procedure di validazione e calibrazione sono state impiegate per migliorare l'adattamento delle previsioni del modello ai flussi di traffico osservati.

Le politiche che sono state condotte in Thailandia sono principalmente quelle a favore della crescita rapida del paese: come può un miglior trasporto contribuire alla crescita economica? Le infrastrutture sono ancora in ritardo rispetto allo sviluppo del Paese, di cui si è osservato un tasso di crescita media annuale del 5,4% dal 1975 al 2001, a fronte di una crescita della spesa di trasporto che non supera il 1,5% annuo. L'integrazione della Thailandia nelle sue regioni e, in particolare, con la Cina, è vista come priorità economica.

In questo contesto, l'utilizzo del semplice e convenzionale modello a quattro stadi, può sembrare inadeguato. Il tasso di crescita del reddito, essendo cospicuo e piuttosto variabile, ha portato, di conseguenza, ad un'ampia ma instabile crescita della percentuale di possesso di veicoli, che, a sua volta, è responsabile dell'aumento della congestione. Molti di questi veicoli sono, di fatto, motocicli ed, inoltre, appare evidente che il traffico varia sostanzialmente con l'attività economica, con tempi non del tutto coerenti con i cambiamenti del numero di veicoli di proprietà. Queste caratteristiche peculiari del sistema di trasporto thailandese, non vengono espresse in un modello convenzionale, quindi non si può sperare che il modello rappresenti in maniera credibile la situazione locale. Oltre a questo, c'è la solita critica del modello a 4 stadi: la sua forma non permettere di avere un'adeguata connessione tra i vari stadi cosicché, ad esempio, l'impatto dell'aumento della lunghezza dello spostamento degli utenti che utilizzano l'auto piuttosto che il motociclo, non viene previsto.

Per queste ragioni, la ricerca attuale che si sta conducendo sulla progettazione di un più appropriato modello per la Thailandia, è concentrata fondamentalmente sulle esigenze che devono essere modellizzate e sulle vie che si devono intraprendere per realizzarle, anziché sul tentativo di importazione delle metodologie già esistenti. In particolare, la messa a fuoco è sui veicoli di proprietà e sul modo in cui le esigenze di possesso di un veicolo possano essere soddisfatte diversamente da veicoli o motocicli. Le prossime ricerche sulla modellizzazione, dovranno concentrarsi sul modo in cui cresce il reddito e su come le condizioni locali thailandesi pregiudichino la distribuzione degli spostamenti e la scelta modale.

Se fossero disponibili maggiori dati, budget e competenze tecnologiche, potrebbe essere implementato per la Thailandia un modello superiore di tipo logit disaggregato. Comunque,



non sono ancora richiesti con urgenza miglioramenti del modello esistente NAM. Per esempio, il modello dovrebbe includere un riconoscimento più esplicito dei posti di lavoro, delle auto di proprietà, delle licenze di guida concesse e, forse, del costo del combustibile per le auto. Questi fattori, infatti, hanno una forte influenza sulla generazione degli spostamenti. Inoltre, per determinare come la maggior parte degli spostamenti vengono generati, si è trovato che il metodo delle analisi con la regressione è più appropriato rispetto all'esistente metodo dei fattori di crescita. I fattori sopra menzionati, possono essere facilmente incorporati nel modello NAM come delle nuove variabili. Inoltre, vale la pena che si sviluppi un modello di possesso dell'auto per fornire input al modello di generazione degli spostamenti. Nel modello di distribuzione degli spostamenti, si è trovato appropriato per l'utilizzo in Thailandia il doppio modello vincolato esistente e quindi non si manifesta la necessità di cambiarlo. Nel modello di ripartizione modale, dovrebbero essere inclusi nel modello NAM nuovi modi di trasporto, come il sistema di transito di massa, il treno ad alta velocità e l'aereo a basso costo. Comunque, alcuni di questi modi sono del tutto nuovi in Thailandia e, quindi, per prendere in considerazione queste modalità, dovrebbero essere condotte ulteriori indagini di traffico insieme a dettagliati diari di viaggio (di sette giorni) e indagini SP. Tali indagini aiuterebbero nella stima dei valori dei parametri da utilizzare nel modello di ripartizione modale. Inoltre, le indagini SP sono in grado di fornire informazioni relative a ciò che gli individui scelgono di fare o come il rango/tasso di certe opzioni, in uno o più situazioni ipotetiche, possono rispondere a scelte che sono del tutto nuove. Nella fase di assegnazione all'interno del modello NAM, il software TRIPS, che viene attualmente utilizzato sia per l'assegnazione del traffico stradale che per l'assegnazione del trasporto pubblico, è ritenuto appropriato per questa fase. Oltretutto, è utile l'uso di un differente range di ipotesi per la domanda di viaggio lenta e veloce, data la volatile e talvolta imprevedibile natura dell'economia futura, e il suo impatto sui trasporti deve, pertanto, essere fondato. Inoltre, vari pacchetti di scenario, che sono rappresentati nel modello NTM, dovrebbero essere introdotti anche nel modello NAM: adesso, in un momento di crescenti preoccupazioni ambientali quali il riscaldamento sia globale che locale e l'inquinamento atmosferico, un modello di emissioni, che è in grado di prevedere almeno le emissioni di CO<sub>2</sub> e la qualità dell'aria locale inquinata dal traffico stradale, è chiaramente necessario.

L'interesse nella ricerca sulla modellizzazione in Thailandia dal punto di vista europeo – a parte la funzione di revisione che un progetto accademico può svolgere – sottolinea ancora una volta che il metodo di modellizzazione dovrebbe essere ultimato, in primo luogo, per rispondere alle esigenze politiche e non determinato da un semplice trasferimento di metodi esistenti. Questo studio è stato suggerito dall'esperienza dell'RHTM, descritto in precedenza, ed è interessante vederlo riferito in un contesto differente e molti anni dopo.

Nel resto del mondo, come il Sud Africa, il Kazakistan e la Korea del Sud, di cui si parlerà a breve, è stato sviluppato o comunque è stato espresso un serio interesse nella modellizzazione a livello nazionale ma, in base alle conoscenze attuali, il modello nazionale maggiormente sviluppato fuori dall'Europa è quello finora descritto. Rispetto a quanto detto, una consistente difficoltà è dovuta al fatto che le informazioni circa i modelli nazionali sono spesso (e comprensibilmente) fornite nella lingua nazionale; ciò limita il controllo internazionale del lavoro che è stato fatto.

## 2.11. IL MODELLO NAZIONALE KOREANO

Un modello nazionale per gli spostamenti dei passeggeri risulta essenziale per la pianificazione dei trasporti e l'analisi degli effetti delle varie politiche dei trasporti. Esso gioca un importante ruolo nella valutazione del progetto di trasporto e il risultato della valutazione dei trasporti dipende fortemente dall'affidabilità del modello nazionale. Proprio a seguito dell'importanza del modello nazionale, è stato suggerito che un modello nazionale della Korea sarebbe potuto essere sviluppato dalle autorità di pianificazione nazionale per applicare a tutti i modi di trasporto una metodologia coerente e standardizzata. Comunque, gli elevati costi di sondaggio e la difficoltà nell'esecuzione di un sondaggio a livello nazionale, ha impedito l'implementazione del modello suggerito fino al 1998. Le forti crisi economiche del 1997 sono diventate motivo di sviluppo del modello nazionale coreano e, l'Istituto di Trasporto coreano (KOTI) con il nome di Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MOCT), hanno effettuato un sondaggio sui viaggi interurbani a livello nazionale nel 1998, nel 2001 e nel 2002. Sulla base dei dati raccolti da questi sondaggi, è stato sviluppato il primo modello nazionale coreano, con la metodologia e gli obiettivi precedentemente esposti. Sono stati investiti approssimativamente 8 miliardi per i suddetti sondaggi. Sono stati selezionati circa un migliaio di punti esterni al cordone di circa 167 distretti amministrativi e sono state condotte due centinaia di migliaia di interviste personali su strada. L'intenzione era quella che il traffico sarebbe dovuto essere descritto dalla sua origine alla sua destinazione utilizzando 167 zone. Anche tutti i 15 aeroporti nazionali e gli 11 terminali dei traghetti (porti) sono stati selezionati per gli spostamenti ferroviari e in autobus. Gli spostamenti in autobus, treno e aereo hanno la stessa classificazione zonale del modo auto. Mentre la rete è stata fondata sui dati forniti dal National Geographic Information System. Essa contiene 14.194 rami, di cui 1.046 sono rami autostradali e 5.812 sono rami stradali nazionali.

Per la costruzione della matrice di base degli spostamenti, che è essenziale per lo sviluppo di un modello nazionale, sono state adottate le procedure che ci si accinge a descrivere. Nel caso delle matrici degli spostamenti con modo bus, treno e aereo, sono state utilizzate le pubblicazioni ufficiali del Governo provenienti dalla federazione nazionale dei bus, dalla

federazione nazionale aerea e dall'ufficio delle ferrovie nazionali coreano. Per l'istituzione della matrice di base degli spostamenti per il modo auto, è stato definito il volume di traffico stradale giornaliero, che proviene e va dai 167 distretti amministrativi (zone). Per far ciò, è stato valutato un rapporto sul passaggio per la zona, in primo luogo usando i dati delle interviste condotte sul bordo strada. Dopo la stima del volume del traffico stradale giornaliero, che è diretto e proviene da una sola zona alla volta, è stata costruita una tabella di viaggio di origine e destinazione del campione. Qui, occorre prendere in considerazione la possibilità che un veicolo è stato conteggiato più di una volta; vengono utilizzati solo i dati relativi ad un veicolo intervistato se il tempo, il tipo di veicolo, il tempo di occupazione e di partenza risultano essere uguali reciprocamente. Mentre, per correggere la cella avente "0" nella matrice degli spostamenti di origine e destinazione del campione, è stato stimato, a partire dalla matrice stimata degli spostamenti, un doppio modello vincolato di gravità e le celle con "0" sono state valutate dal modello di gravità.

Utilizzando l'emissione e l'attrazione di ogni zona e la tabella aggiornata degli spostamenti, è stata ampliata la tabella Origine/Destinazione attraverso la procedura di bilanciamento. Questa procedura è stata effettuata utilizzando il software EMME/2. Dopo che è stata stabilita la matrice degli spostamenti di base con l'auto, è stata esaminata secondo le varie fonti di dati esistenti, compresi i dati autostradali del TCS (Tool Collecting System). Ad esempio, le analisi sulla rete sono state effettuate usando la tabella degli spostamenti di base nel confronto dei flussi di traffico assegnati con quelli osservati dal TCS.

Tabella 2.11.1. Differenza percentuale tra il traffico osservato e quello risultante dopo l'assegnazione (PCU)

Range (%)		Highway			National Road			
		Link Point	%		Link Point	%		
Over Estimation	300+	0	0		6	1		
	100÷300	0	0		47	6		
	60÷100	3	2		38	4		
	30÷60	20	12		88	10		
	10÷30	51	31	82	114	13	50	
	0÷10	26	16		66	8		
	Under Estimation	-10÷0	30		18	76		9
		-30÷-10	30		18	169		20
		-60÷-30	6		4	149		17
	-100÷-60	1	1		101	12		
Comparison Link point		167	100		854	100		

La tabella 2.11.1 mostra le differenze percentuali tra il traffico osservato e il traffico assegnato su determinati archi. L'82% dei rami autostradali comprende differenze del 30%, mentre solo il 50% delle strade nazionali include il 30% di differenze. È stata poi compiuta dall'utente l'assegnazione di equilibrio e gli spostamenti sono stati cambiati nel CPU usando i fattori di conversione. Uno dei motivi del verificarsi del più alto match percentuale nei rami autostradali è che i viaggi intrazonali sono rispettivamente più brevi di quelli fatti sui rami stradali nazionali. Inoltre, la figura 2.11.1 mostra il volume del traffico assegnato usando una determinata matrice di base e la rete. La domanda è aumentata sul corridoio Seoul-Busan ed è presente un traffico consistente nell'area metropolitana di Seoul. Dopo un'attenta procedura di validazione, si può concludere che la tabella di base degli spostamenti di

Origine/Destinazione è risultata affidabile per sviluppare un modello nazionale per la previsione della domanda di viaggio futura.

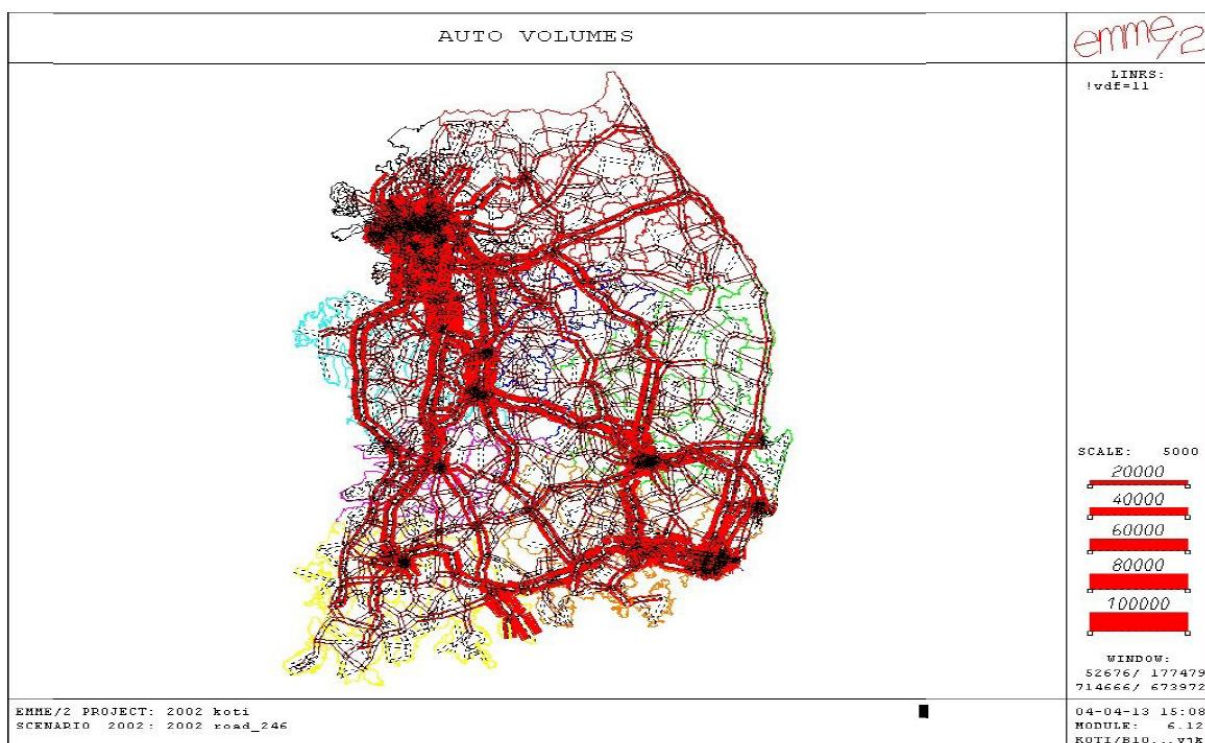


Figura 2.11.1. Rappresentazione dei volumi di traffico assegnati nel 2002

Un estratto del modello nazionale coreano viene usato per sviluppare la previsione della distribuzione degli spostamenti. In altre parole, gli spostamenti dalla zona i alla zona j vengono spiegati dalle variabili socio-economiche della zona i e/o della zona j. Per prima cosa, le zone vengono raggruppate attraverso delle tecniche statistiche per considerare le relazioni intrinseche che intercorrono tra quelle zone che non si possono spiegare con le variabili socio-economiche. Il raggruppamento aiuta anche ad evitare la possibilità di sovrastimare/sottostimare gli spostamenti, che deriva dal problema di dimensionamento delle zone. Le variabili "criterio" per il raggruppamento sono la popolazione, le auto di proprietà, il numero di occupati, e GRP. Così, le analisi di correlazione sono effettuate tra gli spostamenti osservati e le variabili socio-economiche all'interno della zona raggruppata, al fine di scegliere adeguate variabili esplicative.

*Tabella 2.11.2. Analisi dei gruppi e delle zone.*

	<b>Zones</b>	<b>Number of Zones</b>	<b>Number of O-D pairs</b>
<b>Group 1</b>	Seoul city	1	318
<b>Group 2</b>	Busa, Taegu, Incheon, Kwangju, Daejeon	5	1560
<b>Group 3</b>	Kounggi-do	30	8556
<b>Group 4</b>	Ulsan and 23 cities	24	5304
<b>Group 5</b>	Remaining zones	100	9702

*Note: Ulroong-gun, Jeju-do (4 zones), Yeochun-gun, Yeochun-city sono escluse*

La tabella 2.11.2, mostra i risultati del raggruppamento e le 167 zone sono state divise in 5 gruppi. Il Gruppo 1 contiene solamente la città di Seoul, che è la capitale della Korea, e il Gruppo 2 consiste nelle 5 maggiori città koreane. I gruppi sono inoltre divisi in base alla numerosità della popolazione (3 milioni) per mantenere il più possibile l'omogeneità nei gruppi. Dopo il raggruppamento per zone, si applica una specifica equazione, riportata nel seguito, per il modello di distribuzione degli spostamenti dalla zona *i* alla zona *j*.

Nella figura 2.11.2 è mostrato il volume stradale nel 2031. La rete include tutti i piani di investimento nei trasporti a livello nazionale. L'area metropolitana di Seoul e il corridoio di Kyoungbu rimangono ancora congestionati benché un piano considerevole di investimenti sta per essere realizzato.

È stato finora accennato il primo modello nazionale in Korea. I modelli sviluppati sono stati forniti per la previsione della domanda di viaggio per tutti i progetti relativi al trasporto, secondo le linee guida sugli investimenti trasportistici, le quali sono preparate dal Ministero delle Infrastrutture e del Trasporto. Si prevede, altresì, che i modelli giochino un ruolo importante per il modo standardizzato di valutare gli investimenti trasportistici. Per i piani successivi e futuri, è stato effettuato un nuovo sondaggio di viaggio nazionale, nel 2005. Esso fornisce una ricca possibilità di aggiornare e validare i modelli nazionali koreani.

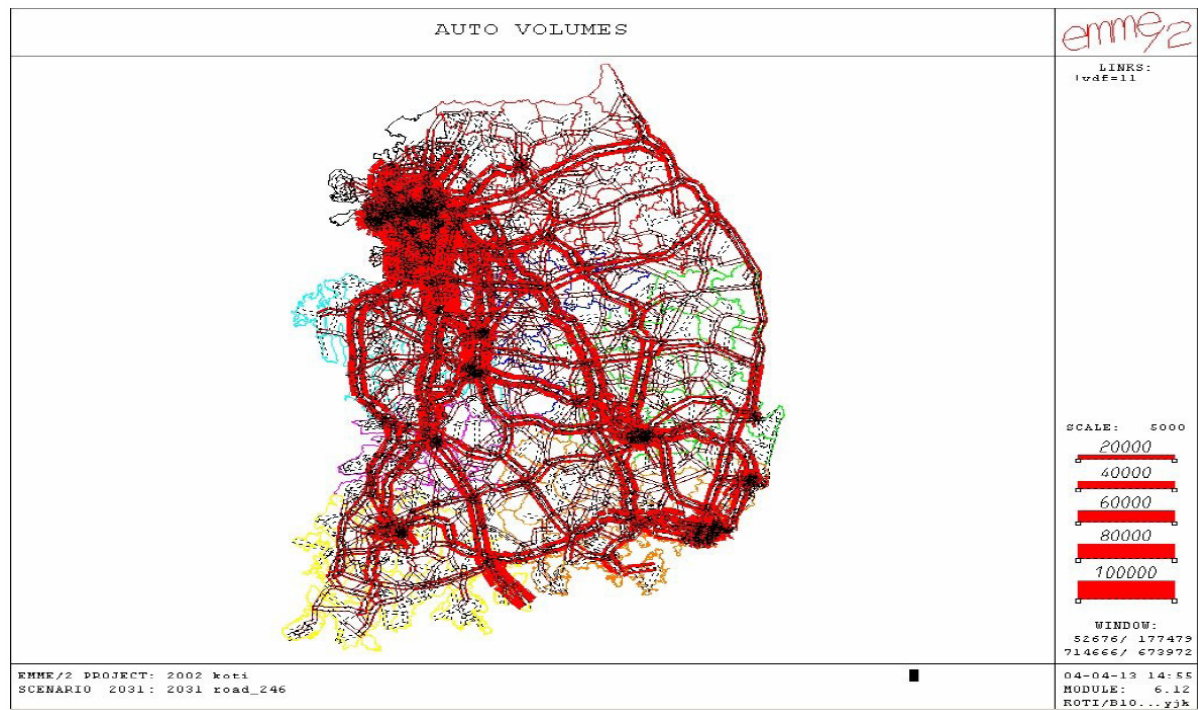


Figura 2.11.2. Rappresentazione dei volumi di traffico assegnati (PCU) nel 2031



## 2.12. IL MODELLO EUROPEO: STREAMS

In una scala di riferimento più vasta rispetto a quelle viste finora, entra in gioco STREAMS che modella tutti i movimenti dei passeggeri e delle merci all'interno dell'Europa; non si parla più, quindi, di modello nazionale ma di modello continentale (europeo). Una dettagliata analisi dei fattori che influenzano la crescita della domanda di viaggio dei passeggeri verrà di seguito presentata per illustrare alcuni dei principi che sottendono la progettazione di questo modello.

In sede di progettazione dei modelli nazionali, si possono distinguere due grandi filoni metodologici:

- un *approccio empirico* dove un cospicuo budget è stato destinato alla raccolta di dati dettagliati della domanda modale di Origine/Destinazione (OD) sui profili di viaggio all'interno dell'intero Paese. Il modello è quindi basato sul fare direttamente il massimo uso di questi dati, attraverso l'espansione di questi nelle matrici OD osservate, dettagliate a livello spaziale. L'RHTM del 1970 è proprio un esempio di questo approccio. Questo approccio è più forte quando la visione è a breve termine e gli effetti sono localizzati;
- un *approccio comportamentale* dove l'accento primario è posto sul tentativo di comprendere i fattori determinanti della domanda di viaggio e come questi potrebbero cambiare nel corso del tempo, dello spazio, del livello di reddito, dei segmenti industriali o demografici. In questo caso il dettaglio territoriale è conveniente che sia grossolano, mentre la segmentazione è conveniente che sia dettagliata. Questo approccio è più forte quando si affrontano gli effetti dell'intero sistema a lungo termine.

Idealmente, un modello potrebbe essere progettato a partire da un approccio comportamentale e sviluppato ad un livello che includa tutte le principali influenze comportamentali della domanda di viaggio in modo robusto e realistico. Così il modello risultante potrebbe essere incorporato all'interno di una struttura empirica che consente di accordare le condizioni specifiche locali e di considerare i profili di viaggio su base anno

osservati, come un punto di partenza da cui il modello viene “traslato” verso il futuro. Negli ultimi anni sono stati sviluppati vari metodi per portare avanti quest’ultima attività.

Le tecniche di enumerazione del campione (sample enumeration) sono state sviluppate per il modello nazionale di trasporto olandese (Gunn, 2001); esse consentono di ottenere risposte dal campione di individui per essere utilizzate al fine di guidare i cambiamenti nel comportamento aggregato.

I modelli incrementali di scelta discreta di tipo logit multi-livello, sono stati sviluppati da Williams e Beardwood (1993) come una variazione dei modelli incrementali standard. Un insieme di valori di disutilità residuale è stimato in modo tale che assicurino che i vari processi di scelta all'interno del modello accordano una varietà di fonti di dati, su base anno, osservati. Questi termini di disutilità residuale sono quindi incorporati nel modello quando si eseguono test politici per gli anni futuri. Inizialmente, le procedure di stima per questo metodo possono essere complesse da implementare. Comunque, esso ha il vantaggio di produrre modelli che sono abbastanza flessibili, tali da includere un’intera varietà di meccanismi di scelta comportamentale interconnessi in modo coerente.

In sintesi, il modello STREAMS ha le seguenti caratteristiche, esso:

- ha le componenti del modello passeggeri e merci indipendenti, ognuna altamente segmentata;
- è un modello multi-modale che incorpora tutti i modi. La base anno del modello è il 1994 e prevede il 2020; il trasporto è rappresentato per un tipico giorno dell’anno;
- ha reti comprensive di tutti i modi e connessioni inter-modalità;
- comprende tutti gli spostamenti di passeggeri e merci nell’Unione Europea – ha un trattamento speciale per gli spostamenti locali che includono lo spostamento a piedi.

È stato deciso, in una fase iniziale, di utilizzare un sistema di suddivisione in zone sulla base della classificazione "NUTS" (la classificazione utilizzata per la raccolta dei dati UE) per rendere più facile l’acquisizione dei dati necessari. NUTS2 è ritenuto essere il massimo livello pratico di dettaglio, il che significa che il modello ha circa 200 zone interne.

Il modello STREAMS mira a fornire previsioni a medio-lungo termine dei cambiamenti della domanda di trasporto. Questo implica che la struttura del modello dovrebbe essere basata su una comprensione del perché e di come cresce la domanda di viaggi nel tempo. La progettazione della struttura del modello dovrebbe essere basata anche su ipotesi circa quali opzioni politiche si richiede che il modello testi e circa quali output ci si aspetti. Queste considerazioni hanno portato ad una serie di principi di progettazione, sul trattamento dei viaggi brevi, sulla segmentazione del modello e sull'approccio per includere le reti di trasporto.

Un'opzione in un modello strategico è includere solamente alcuni tipi di viaggio, come ad esempio i viaggi di lunga distanza. È stato deciso nel progetto STREAMS di modellizzare tutti i viaggi di qualunque lunghezza, in parte, per motivi tecnici e per fornire una più stabile base di previsione e, in parte, perché non vi sarebbe interesse per la politica vedere i trasporti europei come un "tutt'uno". Per definizione, questo significa che in un modello con zonizzazione NUTS2, una grande percentuale di spostamenti si riscontreranno all'interno delle zone. Questo, a sua volta, implica la necessità di migliorare il trattamento dei viaggi intrazonali rispetto al loro trattamento nella maggior parte degli altri modelli di trasporto.

Nei modelli di trasporto a larga scala, le reti sono spesso rappresentate come corridoi. Ma, la necessità di rappresentare i costi di trasporto accuratamente, insieme con il livello politico di interesse nella comprensione dei percorsi di viaggio, soprattutto per quanto riguarda il loro impatto ambientale, ha richiesto lo sviluppo di un modello basato su tutti i collegamenti.

Sia i moduli passeggeri che quelli merci si fondano sulla necessità di comprendere perché la domanda di viaggio tende a crescere nel tempo. Per il modello passeggeri questo ha significato una rappresentazione dettagliata della tipologia dei viaggiatori e degli scopi di viaggio. Per il modello merci, invece, ha significato usare un modello economico regionale per generare i flussi di merci e segmentarli per tipo di industria.

L'accento sullo sviluppo del modello è stato molto più vicino all'approccio comportamentale piuttosto che a quello empirico, di cui si è parlato in precedenza. Nel caso dei passeggeri, non vi sono praticamente matrici dei viaggi di lunga distanza osservati, disponibili per l'uso in tutta Europa. Le matrici dei passeggeri esistono per tutti i modi in Germania, per il modo aereo tra tutti i Paesi (ma non a livello di NUTS2) e per il modo treno in poche Nazioni. Le

matrici auto non esistono in molti Paesi. Di conseguenza, data la disponibilità dei dati attuali, non vi è alcuna possibilità di adottare l'approccio empirico di modellizzazione per il trasporto di passeggeri su scala europea.

I sondaggi nazionali sui viaggi dei passeggeri tuttavia esistono per circa la metà dei Paesi dell'UE; questi, così, forniscono un fondamento solido su cui un modello comportamentale può essere fondato; comunque le differenze nelle definizioni dei dati fra i differenti Paesi rendono piuttosto complicati i confronti diretti di comportamento nelle varie Nazioni.

Nella progettazione del modello merci, l'approccio è una via di mezzo tra quello empirico e quello comportamentale. Dall'EUROSTAT TREX e la base dati del Trasporto Merci, le matrici (di diversi livelli di accuratezza e di dettaglio territoriale) dei movimenti di trasporto delle merci per modo, sono disponibili per i modi su terra, ma non via mare (navi). Comunque, non ci sono equivalenze delle merci con i sondaggi nazionali disponibili di viaggio dei passeggeri, cosicché costruire una solida descrizione comportamentale del comportamento degli spedizionieri di merce non è facile. Una segmentazione dei movimenti delle merci per tipologia merceologica è stata adottata per migliorare le basi comportamentali per i processi scelti all'interno del modello.

Lo sviluppo del modello STREAMS ha coinvolto una notevole quantità di attività dettagliate, che vengono così riassunte:

- MODELLIZZAZIONE DELLA DOMANDA:

- lo sviluppo di una specificazione del modello che incorporasse i principali meccanismi che influenzano la domanda di viaggio passeggeri, in termini di disponibilità d'auto e dei cambiamenti sia comportamentali che geografici;
- in un'analisi approfondita dei dati del sondaggio di traffico passeggeri nazionale, è stata intrapresa da Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Olanda, Svezia,UK, al fine di sviluppare il modello di generazione degli spostamenti;
- la raccolta/analisi dei dati dettagliati socio-economici/demografici di zona per l'implementazione degli spostamenti generati e dei modelli di distribuzione;

- lo sviluppo di un modello economico regionale per prevedere la domanda merci, basata sui dati dei conteggi nazionali e sui dati di commercio;
- MODELLIZZAZIONE DELL'OFFERTA:
  - lo sviluppo di un'estesa rete che modellizzi il trasporto multi-modale;
  - lo sviluppo dei costi e/o funzioni tariffarie per tutti i modi, sia per il trasporto passeggeri che merci;
  - la progettazione e implementazione di un approccio innovativo per modellizzare gli spostamenti intrazonali, basato su un sistema band distance;
  - lo sviluppo di una nuova funzione che vincola la capacità stradale di ogni giorno, la quale si basa sui dati disaggregati;
- CALIBRAZIONE/VALIDAZIONE:
  - le analisi dettagliate dell'EUROSTAT TREX e dei database merci del Carriage of Goods per produrre un set di dati coerenti per la validazione del modello merci;
  - l'assemblamento dei dati osservati sui passeggeri attraverso i Paesi e i modi – per la calibrazione e la validazione;
  - il modello opera con il 1994, come anno base, e con il 2020, come anno su cui ottenere le previsioni. Inoltre utilizza gli anni 1975/85, come parte dell'operazione di backcasting per testare la stabilità strutturale del modello.

Dato che all'interno del modello vengono fatte delle previsioni di lungo periodo, 26 anni (dall'anno base 1994 all'anno obiettivo 2020), risulta di importanza cruciale che ognuno dei parametri del modello rimanga costante nel periodo o che esista una metodologia ben fondata che li aggiusti nel corso del periodo. Quest'ultimo, è stato uno degli aspetti principali su cui si è focalizzato l'interesse e lo studio dei ricercatori per lo sviluppo del modello STREAMS.

Utilizzando i sondaggi di traffico passeggeri nazionali dei vari Paesi dell'UE, è stato eseguito un considerevole studio dei fattori che evidenziano la domanda per gli spostamenti, animato dai seguenti principi:

- determinare le grandezze relative dei differenti fattori che hanno influenzato la domanda di trasporto passeggeri e i loro profili di crescita nel tempo;
- determinare la segmentazione più appropriata della domanda passeggeri all'interno delle categorie comportamentali omogenee;
- trovare i profili comportamentali e le statistiche di viaggio, entrambi i quali sono rimasti costanti nel tempo e nello spazio, o altrimenti si sono evoluti in modo prevedibile e stabile.

Risulta essere di importanza centrale per i pianificatori conoscere se la crescita del traffico stradale si accelererà ulteriormente nel futuro, o se il tasso di crescita si livellerà. Queste informazioni possono essere determinate dagli stessi fattori che hanno generato la crescita rapida osservata della domanda per gli spazi stradali attraverso l'Europa, negli ultimi 25 anni. I principali trend correlati che sono stati combinati insieme per generare la crescita rapida delle percorrenze per veicolo su strada, vengono evidenziati nel seguito, usando sia le statistiche dell'UE che quelle dell'UK, per illustrare la loro importanza relativa:

- *la popolazione è cresciuta nel tempo* – ciò è stata la fonte minore di crescita del traffico stradale. La popolazione dell'UK è cresciuta del 4% nei 20 anni precedenti al 1995 mentre le percorrenze in auto, nello stesso periodo, hanno avuto un incremento dell'83%. Parimenti per l'Europa intera, ad una crescita popoлатiva del 6,5% corrisponde una crescita delle percorrenze in auto dell'84%;
- *una grande porzione di popolazione si trova ora in quei segmenti di età della popolazione che hanno un elevato tasso di spostamenti, che fanno spostamenti di lunga distanza e sono quelli che hanno la più alta probabilità di spostarsi in auto.* Nel 1995, 6.750 miglia medie annuali (DETR, 1997a) sono state percorse nell'UK da quel gruppo, che è il più "mobile", il quale rappresenta le persone di età compresa tra i 16 e i 59 anni. Queste sono il 130% maggiori rispetto alle distanze medie per i minori di 15 anni e sono il 118% maggiori rispetto alle miglia medie degli over 60. Oltretutto,

questo gruppo più “mobile” è il segmento di popolazione che ha anche la più larga porzione di questi spostamenti affrontati con l’auto. Perché le piramidi demografiche non si spianano con il corso del tempo, gli ultimi 20 anni hanno visto una crescita relativa nel gruppo che va dai 16 ai 64 anni, comparato alla crescita degli altri gruppi di età. Dal 1975 al 1994 nell’UE intera, il tasso è cresciuto dal 62% al 67% nella popolazione europea (nello stesso periodo in UK è passato dal 62% al 65%);

- *più persone hanno l’accesso all’automobile*, sia più famiglie hanno automobili, che più individui all’interno di una famiglia hanno automobili disponibili per un uso proprio. Ciò deriva dal fatto che la dimensione media delle famiglie è diminuita mentre il numero medio delle automobili in famiglie con due o più adulti è aumentato rapidamente. Nonostante quest’abbattimento del numero di componenti familiari, nel 1996 il 25% delle famiglie dell’UK risultano avere 2 o più automobili, una porzione che è maggiore del doppio del tasso previsto nei 20 anni. La crescita del numero di auto di proprietà è dovuta, in gran parte, al fatto che i redditi medi degli individui sono aumentati più rapidamente del costo dei veicoli. Infatti il tasso di crescita nell’UK è stato maggiormente inferiore rispetto a molti altri Paesi europei in linea con il lento tasso di crescita economica dell’UK. I livelli più alti di automobili di proprietà riducono la possibilità sia di utilizzare altri modi, che di incoraggiare gli individui ad adottare la domanda di viaggio relativamente più alta del segmento, corrispondente alle auto di proprietà della popolazione. Nell’UK nel 1995 (DETR, 1997a) la distanza media annuale percorsa da tutti i modi era di 12.500 km a persona, nelle famiglie che posseggono auto, ma meno di un terzo di questa distanza nelle famiglie che non la posseggono, sebbene, certamente, le differenziazioni demografiche e le caratteristiche del reddito vengono considerate in alcune differenze della domanda di viaggio;
- *le automobili hanno occupato la quota maggiore tra tutti gli spostamenti che vengono intrapresi*; questo perché l’efficacia dei costi dello spostamento in auto è cresciuta, relativamente, molto più velocemente rispetto agli altri modi (eccetto l’aereo). I dati nei prezzi reali dall’UK (DETR, 1997b) mostrano che, nei 20 anni successivi al 1974, i costi marginali percepiti dei motori (carburante più olio) si sono ridotti dell’8%, mentre le tariffe dei bus e dei treni sono aumentate del 55% e del

77%, rispettivamente. Queste tariffe del trasporto pubblico sono aumentate più rapidamente della crescita reale del reddito disponibile, pari al 51%. Questo è stato il fattore principale che ha portato alla generazione della crescita degli spostamenti stradali;

- *la gente tende ad intraprendere lunghi spostamenti al fine di migliorare l'efficacia dei costi di viaggio, specialmente in auto.* Ciò è stato un motivo di crescita delle lunghezze medie di viaggio per gli autisti d'auto, la quale crescita è aumentata del 12% su lunghezze medie di 8,4 miglia, nei 20 anni che vanno fino al 1995 (DETR, 1997a). Questa crescita è dovuta a due motivi: i costi operativi dell'auto più bassi, come sottolineato in precedenza, e le velocità medie su strada più alte, a causa, principalmente, della crescente disponibilità e del maggior uso intensivo delle autostrade e, anche a causa della più alta qualità della rete stradale interurbana. Semmai, gli altri modi hanno aumentato i loro costi generalizzati molto più lentamente. Comunque, da quando molti spostamenti si sono trasferiti con il modo auto, la performance superiore di questo modo ha amplificato l'effetto dell'aumento delle lunghezze medie di viaggio;
- *la gente è più propensa a viaggiare soprattutto per l'aumento medio del reddito individuale.* Nell'UE la lunghezza media giornaliera aumenta, con un determinato modo, con una funzione che dipende dal reddito degli individui. Nell'UK nel 1995 (DETR, 1998) la distanza media annuale di 11.000 miglia percorsa da ogni persona facente parte di una famiglia nel quintile (un quinto, il 20%) più alto del reddito, era quasi il doppio del quintile medio e quasi tre volte il quintile più basso.

Ci sono altre due principali ragioni per ciò:

- l'effetto della riduzione del costo monetario del viaggio diventa meno importante dell'aumento dei redditi. Comunque, come abbiamo sottolineato prima, l'incremento dei redditi è accompagnato da una diminuzione dei costi marginali dell'automobile, la quale ha amplificato questo effetto;
- quelli con livelli più alti di disponibilità dei redditi hanno il denaro per appagare i propri desideri, per una serie di attività costose fuori da casa, come il tempo libero, lo



shopping e le vacanze. Per queste attività, la capacità di viaggiare più lontano permette di avere una serie di scelte più ampie:

- a) *la gente fa viaggi più lunghi perché la popolazione si sta spostando dalle aree ad alta densità urbana.* Questo aumento nella domanda, risulta dalla migrazione delle famiglie e dei lavori verso aree che siano meno congestionate dal traffico. Questo è il principale fattore nella crescita della generazione degli spostamenti nelle campagne, come accade in Inghilterra, ma non necessariamente nell'UE. L'utilizzo di questi territori modifica lo sviluppo della crescita dei viaggi in auto perché gli spostamenti intrapresi dalla gente nelle aree urbane ad alta densità, sono prevalentemente più brevi e meno piacevoli, nell'uso del mezzo, rispetto a quelli nelle aree in cui la popolazione è decentralizzata;
- b) *i livelli di occupazione dell'automobile sono più bassi.* L'aumento delle auto di proprietà ha diminuito il numero medio di occupanti per auto per kilometri percorsi, passando dal 1,73% del 1975, al 1,62% del 1995, come evidenziato dal National Transport Model dell'UK (DETR, 1997a).

È la combinazione di ognuno dei precedenti otto meccanismi, che determina il tasso per cui la domanda di trasporto futura crescerà in un'area. In generale, questi meccanismi non sono indipendenti gli uni dagli altri ma, anzi, sono altamente correlati. Ciò, implica che sono richieste sofisticazioni considerevoli nella struttura del modello allo scopo di coordinare la natura multidimensionale di queste influenze e, in tal modo, produrre previsioni della domanda di viaggio coerenti e concordi. Tutti questi meccanismi, eccetto quello relativo alla rilocalizzazione della popolazione, sono rappresentati esplicitamente nel modello STREAMS. La suddetta lista degli otto significanti fattori che influenzano particolarmente l'evoluzione della domanda del trasporto nel tempo, deliberatamente non includono le crescite del numero di spostamenti per persona nel tempo. Una volta che la popolazione è stata segmentata in adeguati gruppi omogenei, appare dalle osservazioni empiriche che il tasso degli spostamenti globale per persona è incrementato solo lentamente nel tempo. Gli spostamenti per tempo libero e vacanza sono aumentati significativamente, ma questi consistono soltanto in una minima parte degli spostamenti totali. Questa stabilità relativa

nei tassi di spostamento è vera solo se vengono inclusi tutti gli spostamenti (ad esempio l'inclusione degli spostamenti brevi con modo piedi e bicicletta). Ciò non è vero se gli spostamenti meccanizzati vengono presi isolatamente.

Nella figura 2.12.1 viene mostrata la crescita nel tempo, nell'UK, del numero di spostamenti annuali, delle ore di viaggio e delle percorrenze dei passeggeri per persona su tutte le forme di trasporto passeggeri. Si può vedere come la distanza di viaggio è cresciuta rapidamente, ma il tempo di viaggio e il numero degli spostamenti per persona sono entrambi cresciuti abbastanza lentamente e con tassi di incremento simili. Ciò conferma molti dei trend precedentemente discussi. Il numero medio di spostamenti intrapresi da un particolare tipo di persona, presenta una ragionevole somiglianza in tutta l'UE. Ovviamente, quando analizzate per scopo di viaggio, le diverse categorie di persone risultano avere esigenze diverse nel viaggiare. Comunque, considerando tutti gli spostamenti insieme, generalmente i giovani e pensionati fanno pochi viaggi mentre gli occupati sono quelli che intraprendono la maggior parte dei viaggi. Il numero dei viaggi fatti non varia enormemente nel corso degli anni, o fra i Paesi. Di conseguenza, non ci si aspetta che i tassi di viaggio per persona aumentino velocemente nel futuro.

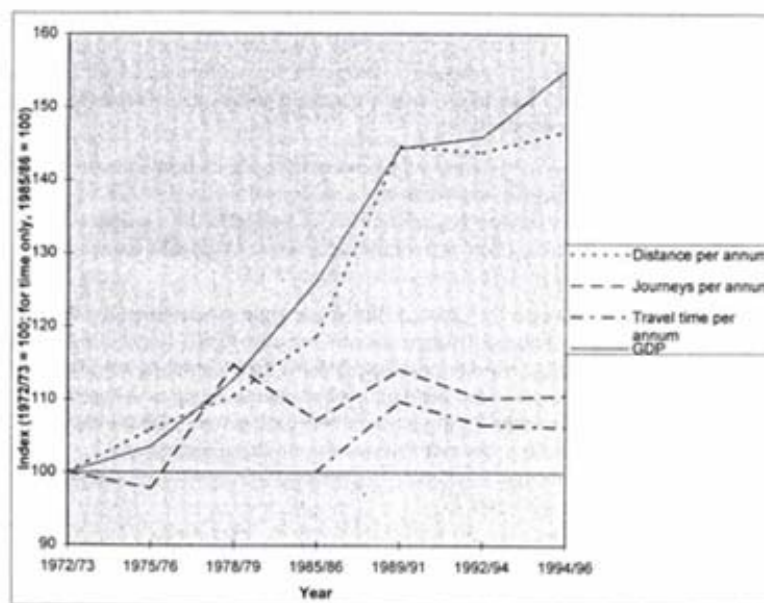


Figura 2.12.1. Rappresentazione annua nel Regno Unito

Considerando ora le merci, lo sviluppo del trasporto merci con i veicoli merci pesanti sulla strada, nell'UK, è presentato in vari modi nella figura 2.12.1. La quantità di tonnellate in movimento sulle strade è aumentato saltuariamente, nell'UK, arrivando ad un totale del 12% nei 22 anni che vanno fino al 1996, mentre la lunghezza media dello spostamento è cresciuta, sempre nello stesso periodo, del 50%. Nel 1992 circa, le tonnellate movimentate erano all'incirca le stesse del 1974, il che suggerisce poco sviluppo, mentre, in realtà, lo sviluppo dei chilometri per tonnellata è stato notevole: un incremento del 69% in questo periodo di 22 anni. Anche se questi andamenti, presentati nella figura 2.12.2, riguardano le strade del Regno Unito, in generale il messaggio è lo stesso per il trasporto su strada nei Paesi dell'UE. Dal 1970 al 1996, i chilometri per tonnellata su strada nell'UE sono aumentati del 167%, mentre le tonnellate movimentate su strada sono aumentate ad un tasso molto più lento. Sugli altri modi di trasporto interno, si è verificata anche un'analogha, anche se meno pronunciata, tendenza.

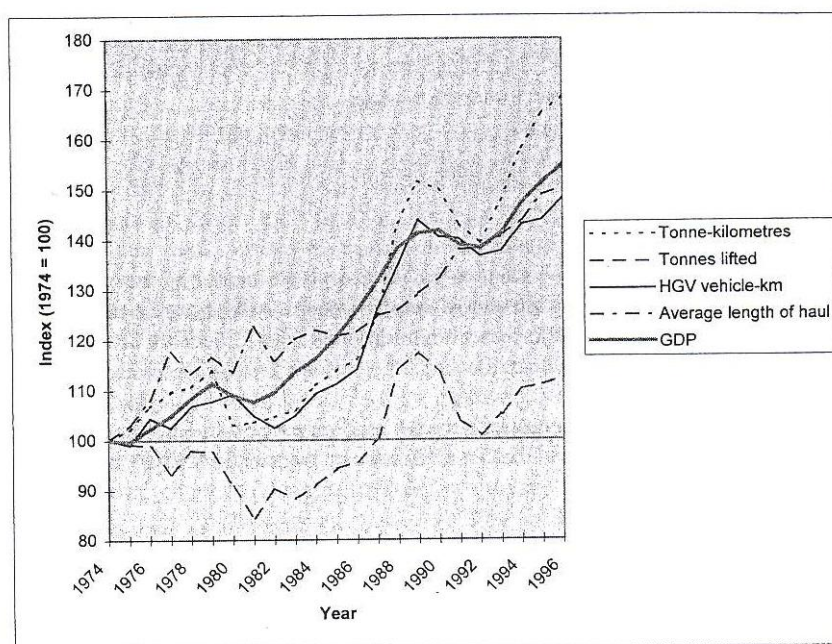


Figura 2.12.2. Rappresentazione annua nel Regno Unito

Queste analisi conducono alla seguente conclusione univoca: la stragrande maggioranza dei passati passeggeri o la crescita del trasporto merci sono derivati da un aumento della lunghezza degli spostamenti piuttosto che da aumenti del numero di viaggi per persona o delle tonnellate trasportate. Di conseguenza, i modelli che operano soprattutto in termini di

cambiamenti nel numero di spostamenti o delle tonnellate trasportate, piuttosto dei cambiamenti nelle distanze percorse, sono inadatti a dare fondatezza nelle future previsioni di modelli di trasporto o nelle risposte alle iniziative politiche.

La resistenza del modello STREAMS è nella redazione delle previsioni di trasporto in tutta l'UE degli effetti dei cambiamenti sia socio-economici che di politica trasportistica, insieme ad un'indicazione della distribuzione dei risultati per Paese e per regione. Il design del modello permette ai Paesi con differenti caratteristiche comportamentali e socio-economiche di essere modellizzati con successo all'interno di una struttura generale costante. Il dettagliato approccio multimodale, accoppiato con una rappresentazione precisa dei costi e delle tariffe, permette ad una vasta gamma di politiche di essere provata, compreso l'effetto dei cambiamenti differenziali dei prezzi fra i modi. I modelli altamente segmentati della domanda di trasporto merci e passeggeri, forniscono un meccanismo per rappresentare l'effetto del cambiamento economico e demografico sul sistema di trasporto.

Comunque, ci sono inevitabilmente limitazioni sulla probabile affidabilità dei risultati del modello ad un livello spaziale dettagliato. Da un modello dell'Europa intera non ci si può aspettare che produca lo stesso grado di esattezza locale di, per esempio, quindici modelli nazionali, o di un maggior numero dei modelli regionali. La natura di queste limitazioni spaziali viene esplorata in un progetto perseguito: SCENES. Rimane, anche, un problema tecnico generale sulla misura in cui un modello strategico di questa natura può fornire in modo accurato i flussi di tutta la rete. Incorporare una vera e propria rete, in contrapposizione ad un corridoio o ad una rappresentazione stilizzata, non contribuisce al raggiungimento di precise stime di costi e tempi, ma ovviamente anche il flusso ad esse collegato risulta essere di interesse.

Il modello STREAMS viene attualmente utilizzato come componente della Valutazione Ambientale Strategica Pilota della Comunità Europea delle Reti Trans-europee (TEN-T) per misurare l'entità e le grandi sedi dei cambiamenti ambientali che nascono dallo sviluppo delle reti trans-europee e da qualsiasi iniziativa che accompagna la politica dei trasporti.

## 2.13. CONCLUSIONI

Dalla panoramica fatta, è chiaro come ci siano sostanziali similitudini nelle generiche forme dei diversi modelli nazionali che sono stati sviluppati dai Paesi europei. La struttura generale con le componenti modellistiche di frequenza di viaggio, i collegamenti di origine-destinazione, la scelta modale e la scelta del percorso, che sono tutti funzione del classico modello a quattro stadi, è presente in tutti i modelli. Molti dei modelli sono orientati alla “normale” giornata lavorativa, mentre il possesso dell'autovettura e il possesso della patente sono presenti solo in alcuni di essi. Questa similitudine generale è, ovviamente, legata all'interazione che sussisteva tra coloro che hanno sviluppato i modelli, dei quali si assume che siano, in generale, abbastanza consapevoli di ogni altro lavoro svolto in merito.

È vero anche che si riscontrano differenze, alcune delle quali riguardano lo specifico contesto individuale del Paese oggetto del modello, altre a causa delle tesi professionali di coloro che hanno sviluppato i singoli modelli. Ad esempio, i modelli scandinavi utilizzano il pacchetto commerciale EMME/2 per le loro assegnazioni, mentre i modelli italiano e olandese fanno uso di specifici software sviluppati in proprio.

Le funzioni che conducono alla riuscita costruzione e all'implementazione del modello nazionale sono sia istituzionali che tecniche. A livello istituzionale, il modello deve essere sviluppato in un ragionevole ma, soprattutto, breve lasso di tempo, ciò vuol dire meno di due anni, al fine di evitare la perdita del cosiddetto “attimo”. I risultati devono essere considerati di successo; spesso, ma non sempre, ciò viene interpretato come produrre una buona rappresentazione delle condizioni su base anno mentre, in realtà, si intende che le previsioni debbano essere plausibili. Lo sviluppo del modello e gli interventi apportati su di esso si devono inquadrare in tempi ragionevoli e costi limitati. A livello tecnico è vantaggioso per il modello contenere meccanismi plausibili che rappresentino il comportamento degli utenti, per tre ragioni: primo, che una base comportamentale credibile rende il modello nel suo complesso più accettabile per un vasto pubblico; secondo, che un buon modello è più probabile che faccia previsioni verosimili; e terzo, che il fatto di avere chiari i meccanismi comportamentali, aiuta ad adattare il modello a cambiamenti comportamentali previsti per un vasto range di sviluppi politici ed esogeni.

Il modello, per avere successo a lungo termine, deve essere aperto a ricevere aggiornamenti frammentari, dal momento che i budgets, che forse sono disponibili per il lavoro di sviluppo, non consentono molto probabilmente la completa sostituzione di un modello in una sola volta. Inoltre, va sottolineato che il modello deve essere in grado di adattarsi ed estendere la copertura ad un intero range di politiche, al di là dei problemi che sono presi in considerazione al tempo in cui lo sviluppo è stato intrapreso. Esistono una serie di metodi per aggiornare ed estendere modelli (Daly, 1998b) ma non tutti possono essere sempre applicati in un contesto specifico di un determinato modello nazionale. I modelli descritti hanno le caratteristiche finora riportate, in misura maggiore o minore, e questo probabilmente determina il loro successo a lungo termine.

Essi coprono una serie di Paesi aventi dimensione e densità di popolazione variabili. Il fatto che abbiano diverse caratteristiche geografiche, dal modello olandese avente zone di circa 30 km<sup>2</sup> a quello italiano le cui zone sono 30 volte più ampie, suggerisce che questi connotati non sono decisivi per determinare il successo di un modello, anche se influenzano l'orientamento del tipo di politica, i costi di sviluppo e di applicazione del modello.

Inoltre, forse sorprendentemente, non sembra essere così essenziale il fatto che l'adattamento del modello alle condizioni su base annua, risulti essere buono. Data la difficoltà osservata della corrispondenza tra i percorsi dei collegamenti di Origine/Destinazione e un modello matematico, si dimostra essenziale l'istituzione di matrici di base, usando una vasta quantità di informazioni, per una previsione molto accurata dei flussi di traffico. In realtà, però, molti tra i modelli nazionali non utilizzano le informazioni della matrice di base e ciò non sembra creare problemi all'utilizzo dei modelli, infatti, o vengono accettati ampi limiti di confidenza, oppure il tipo di politica presa in considerazione non richiede assegnamenti particolarmente accurati (ciò vale per la congestione nel momento in cui non viene considerata una problematica seria). Quando invece la congestione diventa un problema da tenere sotto controllo, il che succede molto spesso, diventa essenziale fare assegnamenti e, di conseguenza, avere matrici di base particolarmente accurate. Il modello norvegese ne è un buon esempio: per la previsione delle emissioni di CO<sub>2</sub> non è stato necessario conseguire un particolare livello di dettaglio; quando, invece, il modello ha cominciato a studiare progetti infrastrutturali, è apparso

necessario una maggiore precisione nei dettagli. Anche il trattamento dell'assegnazione e la scala del modello, sono importanti per determinare i run times del computer su cui è tenuto in funzione il modello. Per adattarsi ad un processo di pianificazione attivo, è essenziale che l'esecuzione del modello venga completata e verificata in 24 ore.

Risulta essere sempre indispensabile rintracciare quali siano i limiti del sistema di modelli e, per quanto riguarda i modelli nazionali, questo generalmente significa che occorre omettere il dettaglio locale. Per diversi Paesi, il rintracciamento avviene esplicitamente attraverso modelli nazionali operativi e modelli regionali comparabili, probabilmente controllati da autorità differenti, all'interno di un sistema gerarchico. Questa organizzazione può permettere ai governi nazionali di accrescere la coerenza della pianificazione tra le proprie regioni, senza imporre troppo il suo controllo centralizzato sulle agenzie locali.

Nella presente trattazione, in aggiunta ai modelli europei, sono stati menzionati il modello thailandese e quello coreano. Ciò, ha portato in evidenza che vi è una chiara differenza tra i modelli di trasporto nazionale dei Paesi sviluppati e di quelli in via di sviluppo; infatti, la struttura del modello che è determinata da:

- i dati disponibili sugli spostamenti, sul traffico e sui costi di viaggio;
- i risultati che sono richiesti dal modello,

i quali sono caratteristiche che variano da Paese a Paese, in base soprattutto allo stato contingente dello sviluppo economico in cui si trova la Nazione sotto osservazione.

Molti dei problemi chiave rilevati nella corrente discussione, sono stati istruiti dai recenti studi dell'U.K., sia in termini tecnici che in termini di opportuni regimi istituzionali, nei quali un modello nazionale può essere fatto con successo; è principalmente nei Paesi più piccoli, che queste condizioni sono più accurate.

Infine, vale la pena far notare che nessuno dei modelli che con successo è stato implementato, è stato successivamente dismesso. Il pregio di avere uno strumento di pianificazione nazionale, è che, una volta che è stato creato, è sufficiente per mantenere operativi i modelli.

### 3. ARCHITETTURA FUNZIONALE E DATA BASE DEL DSS ITALIANO: SIMPT

#### 3.1. INTRODUZIONE

La genesi di un DSS italiano risale al 1986 con la prima elaborazione del PGT (Piano Generale dei Trasporti), allorquando fu approvato il Piano<sup>1</sup> e annunciata l'istituzione di un Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica dei Trasporti<sup>2</sup> (CIPET). Il CIPET definì la "Metodologia per il secondo aggiornamento del Piano Generale dei Trasporti"<sup>3</sup> e decise contemporaneamente di dotarsi di un sistema informatico di supporto alle decisioni espressamente orientato all'elaborazione ed agli aggiornamenti del PGT. Era evidente come fosse necessario un quadro di riferimento unitario, in quanto iniziative legate al superamento di criticità contingenti, spesso rivolte ad un singolo modo di trasporto, potevano mettere in crisi la funzionalità di altri modi. La Pubblica Amministrazione si è quindi dotata di strumenti metodologici, organizzativi ed informatici in grado di rendere più efficace ed efficiente la propria azione programmatica. Le funzioni che la legge ha attribuito al Ministero dei Trasporti in Italia rientrano nelle aree di pianificazione strategica (definizione degli obiettivi) e controllo della gestione (ripartizione delle risorse agli obiettivi), e possono essere classificate nelle seguenti tre categorie principali:

- il monitoraggio del sistema dei trasporti e dei fenomeni correlati con la costruzione degli indicatori, descrittivi dello stato del Sistema dei Trasporti;
- la pianificazione strategica del settore rideterminando gli indicatori oggetto di monitoraggio a fronte della dinamica del "sistema delle attività", ma anche di simulazioni di piani e progetti di intervento in una logica intermodale;

---

<sup>1</sup> con DPCM (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) del 10/4/86

<sup>2</sup> costituito con legge n° 186 del 4/6/1991

<sup>3</sup> Delibera del 30/06/1993



- la terza azione riguarda il governo della spesa pubblica del settore, con l'individuazione delle priorità tra interventi alternativi, previa valutazione degli aspetti finanziari e l'analisi costi-benefici delle scelte da intraprendere.

Il SIMPT, sistema informativo per il monitoraggio e la pianificazione dei trasporti, è stato ideato nel 1993 e nasce proprio come strumento di supporto per le attività precedentemente menzionate. Una rappresentazione schematica della sua architettura può essere vista nella figura 3.1.1

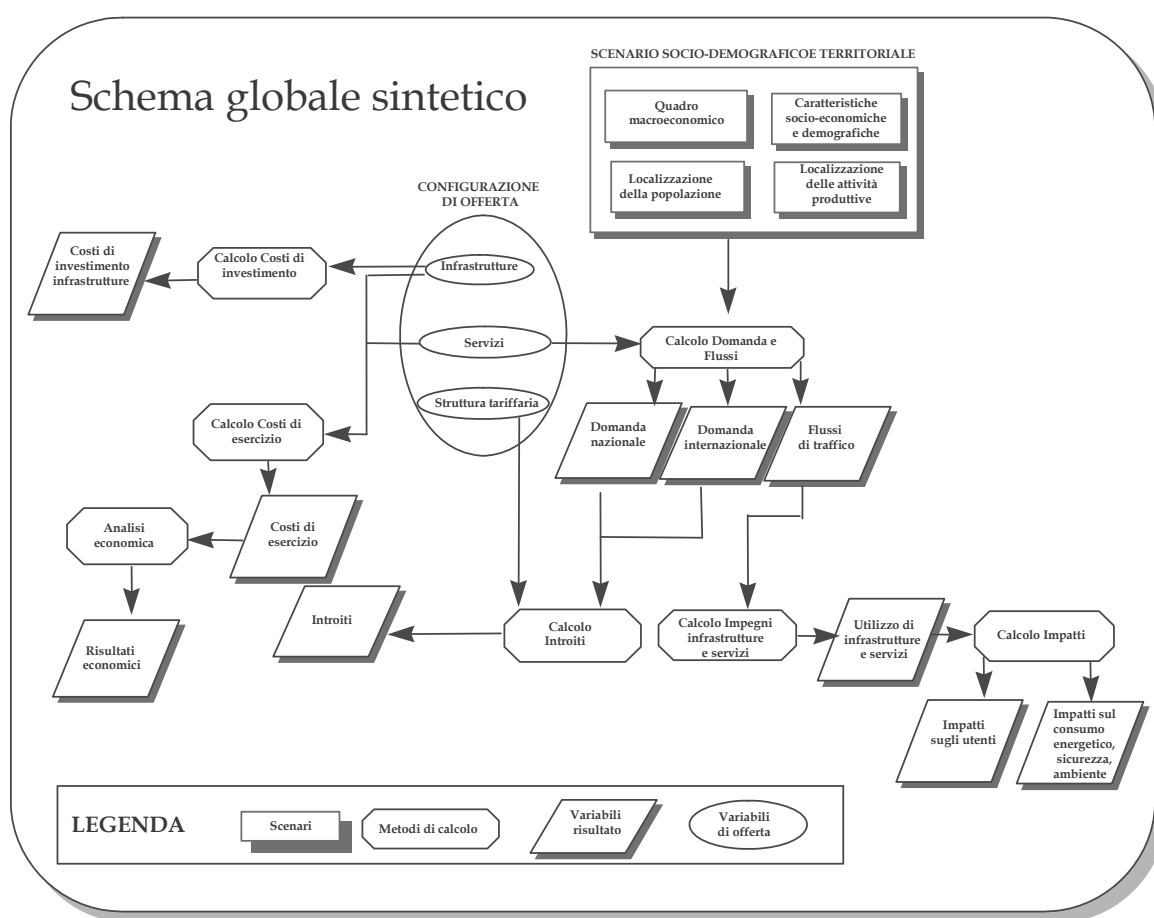


Figura 3.1.1. Schema globale sintetico dell'architettura del SIMPT

Per consentire al Ministero dei Trasporti di realizzare le sue funzioni in modo rigoroso, chiaro e quantitativamente definito, risulta necessario che venga organizzata una base centralizzata di informazioni e metodologie che integra tutti i modi di trasporto e fa uso di metodi e tecniche quantitative standardizzate. Il progetto DSS ha reso conto al Dipartimento del Traffico Terrestre del Ministero dei Trasporti.

Nell'anno 2002 la Pubblica Amministrazione ha sottoscritto un contratto di aggiornamento per lo sviluppo modellistico (passeggeri e merci), l'aggiornamento della banca dati, l'assistenza tecnica (aggiornamento hardware e software), la manutenzione ed il supporto alla conduzione funzionale del SIMPT. Le attività hanno avuto inizio alla fine del 2003 e sono ancora in corso. A partire da quell'anno, il CTS (Comitato Tecnico Scientifico) è stato formato avvalendosi delle specifiche competenze di docenti universitari di provata esperienza nel campo e le attività di assistenza all'Amministrazione nella gestione degli aggiornamenti del SIMPT si sono espletate nelle seguenti azioni:

- indirizzo delle attività operative previste in contratto;
- verifica delle proposte metodologiche dell'ATI;
- supporto al coordinamento del progetto e nel suo controllo ai fini del migliore raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Le principali attività svolte possono essere sintetizzate nelle successive versioni del SIMPT:

- SIMPT0: aggiornamento hardware e software sull'architettura modellistica del 1993;
- SIMPT1: a partire dal SIMPT0 è stato fatto un aggiornamento della base dati all'anno 2005 ed è stata operata una calibrazione aggregata dei modelli;
- SIMPT2: a partire dal SIMPT1 è stato fatto un aggiornamento dell'architettura modellistica e del software di interfaccia.

In questo capitolo sarà brevemente discussa l'architettura tecnica del sistema, in termini di dati, di modelli e di caratteristiche dell'interazione tra l'utente e il sistema.

### 3.2. GLI OBIETTIVI GENERALI DEL DSS

Gli obiettivi generali del DSS sono:

- simulare il comportamento dei sistemi di trasporto;
- formulare le politiche di gestione e pianificazione;
- verificare l'efficacia degli interventi proposti;
- usufruire della raccolta dei dati che è particolarmente ricca;
- garantire che siano realizzate le complesse richieste per l'elaborazione dei dati ricevuti.

Il sistema informativo deve essere in grado di supportare le seguenti attività principali:

- monitoraggio del sistema di trasporto: produzione delle informazioni sugli obiettivi raggiunti, sulle performance, sulle allocazioni delle risorse e sugli investimenti nel sistema di trasporto, considerato sia nella sua interezza che per una singola modalità di trasporto;
- valutazione delle politiche di sviluppo relative al sistema di trasporto: controllo dell'integrabilità e della conformità delle diverse proposte provenienti dagli operatori pubblici e privati, rispetto agli obiettivi globali;
- distribuzione dei servizi di informazione: istituzione di una fonte ufficiale di dati riguardo alle differenti modalità di trasporto.

L'attività di *monitoraggio* viene eseguita attraverso l'utilizzo del calcolo e delle analisi dei vari indicatori. I valori ottenuti forniscono un grado generale dello stato del sistema di trasporto, filtrando e elaborando dati statistici attraverso una rappresentazione formale delle dinamiche di sistema.

L'attività di *valutazione delle politiche di sviluppo* viene eseguita attraverso la presa in esame delle stesso insieme di indicatori precedentemente menzionati. I valori critici, in questo caso,

sono affetti non solo da dinamiche consolidate dell'intero sistema ma, anche, dalla simulazione, sullo stesso sistema, di progetti e di particolari piani di sviluppo.

L'attività di *distribuzione dei servizi di informazione* risulta essere la produzione periodica di report circa lo stato del sistema di trasporto. È permesso l'accesso alla base informativa del sistema anche ad organizzazioni esterne.

Quindi, in relazione agli obiettivi della pianificazione (strategica, tattica e operativa) e all'orizzonte temporale di riferimento, l'approccio per lo sviluppo del DSS può essere del tipo:

- *strategico*: scenari di intervento infrastrutturali di impatto sul sistema multimodale dei trasporti nella sua interezza, come ad esempio una nuova linea ferroviaria ad alta velocità, un nuovo hub aeroportuale, una nuova autostrada. Per le diverse modalità di trasporto il sistema permette di gestire:
  - archi e nodi stradali;
  - archi e nodi ferroviari;
  - nodi portuali;
  - nodi aeroportuali.
- *tattico-operativo*: scenari di intervento gestionali (offerta e produzione di servizi) e/o istituzionali (normative), che sono caratterizzati dal fatto che producono effetti contenuti sulla ripartizione modale, come ad esempio cambiamenti negli orari dei servizi ferroviari. Oltre alla modifica delle tariffe, il sistema permette di gestire per le diverse modalità di trasporto:
  - servizi stradali passeggeri;
  - servizi ferroviari passeggeri;
  - servizi aerei passeggeri;
  - servizi marittimi passeggeri.

La scala di analisi adottata dal DSS è a livello nazionale. Il territorio italiano è stato suddiviso gerarchicamente in vari livelli amministrativi: regioni, province e comuni. Per le caratteristiche geografiche e amministrative dell'Italia si veda la tabella 3.2.1.

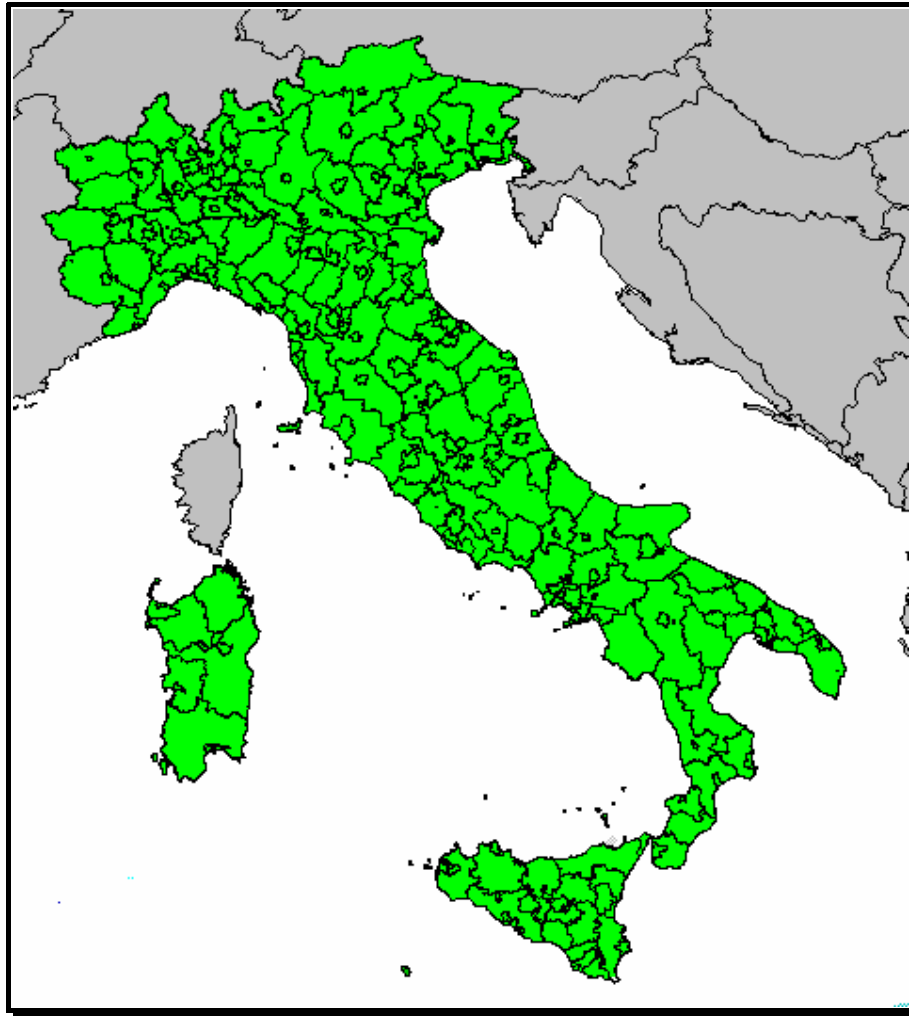
*Tabella 3.2.1. Dati socio-economici dell'Italia (anno 2000)*

Area	<b>301.260 km<sup>2</sup></b>
Popolazione	<b>56.125.000</b>
Densità di popolazione	<b>186 abitanti/ km<sup>2</sup></b>
Regioni	<b>20</b>
Province	<b>103</b>
Comuni	<b>8104</b>

La suddivisione del territorio nazionale nelle zone di traffico adottate dal DSS è differente per il traffico passeggeri e per il traffico merci.

Per i modelli di domanda passeggeri “intercity” (interurbana), come si può vedere dalla figura 3.2.1, il territorio nazionale è stato suddiviso in 267 zone:

- 25 zone appartenenti al territorio comunale delle 6 principali capoluoghi aventi più di 500.000 abitanti (Torino, Milano, Genova, Roma, Napoli, Palermo);
- 97 zone che corrispondono al territorio comunale dei 97 capoluoghi rimanenti;
- 145 zone sottoprovinciali che corrispondono all'aggregazione di territori comunali.



*Figura 3.2.1. Zone di traffico nazionali per modelli di domanda passeggeri*

Per i modelli di domanda merci, il territorio nazionale è stato suddiviso in zone di traffico che derivano dall'aggregazione di territori provinciali.

Il territorio estero, invece, è stato suddiviso in 62 zone di traffico, 48 per i Paesi europei e 24 per il resto del mondo.

Il relazione al grado di analisi, viene presa in considerazione solamente la domanda di mobilità extra-provinciale e, di conseguenza, la configurazione dell'offerta rappresentata (infrastrutture e servizi) viene dedicata, primariamente, alla domanda dei movimenti extra-provinciali, avendo un livello di dettaglio congruente con tali spostamenti.

### 3.3. LE COMPONENTI DEL DSS

L'accesso alle funzioni di sistema viene pianificato in modo da rendere la complessità delle applicazioni sviluppate trasparente all'utente (utilizzatore del sistema). Nella figura 3.3.1 sono rappresentate le componenti del SIMPT.

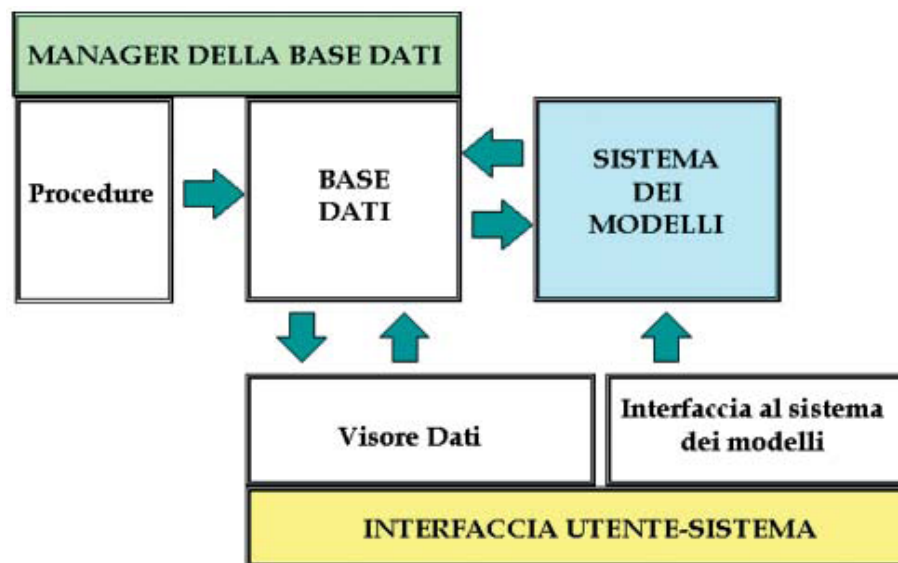


Figura 3.3.1. Le componenti del sistema SIMPT

L'architettura del sistema richiede:

- un database, base informativa integrata contenente dati inerenti all'offerta, alla domanda e al contesto socio-economico;
- un sistema di modelli, che è in grado di consentire l'analisi dello stato attuale del sistema dei trasporti e di valutare gli effetti sul sistema stesso di piani di intervento e di dinamiche relative a fenomeni esterni;
- una componente per l'interazione tra l'utente e il sistema, al fine di:
  - accedere alla base informativa;
  - esaminare i modelli matematici;

- analizzare lo stato corrente del sistema di trasporto;
- selezionare gli scenari;
- simulare gli interventi;
- attivare i modelli di simulazione;
- mostrare le quantità rappresentative del sistema di trasporto (indicatori statistici);
- produrre i risultati (report).

Lo schema globale del sistema è rappresentato in figura 3.3.2.

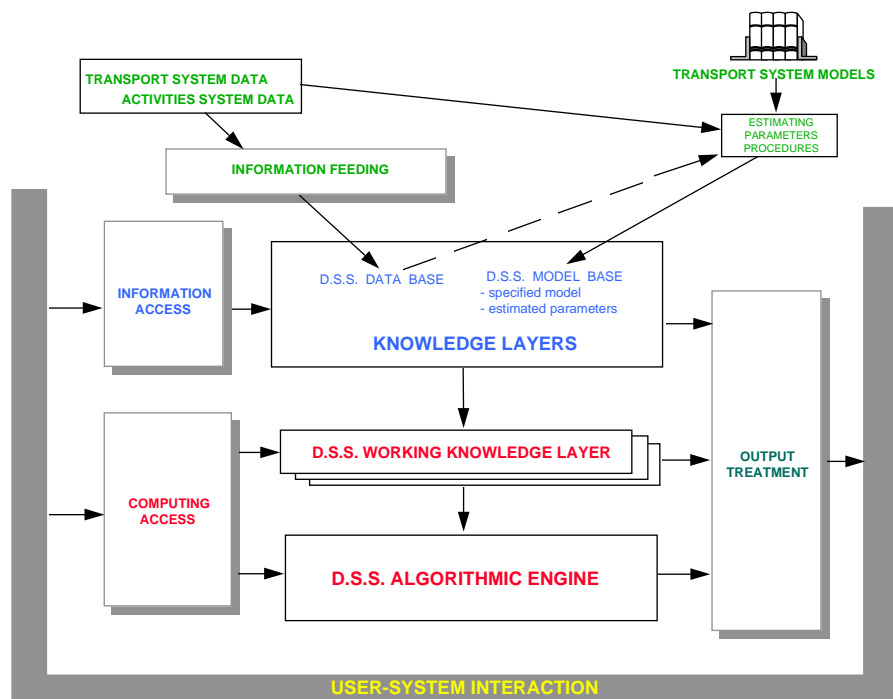


Figura 3.3.2. Schema di interazione tra l'utente e il sistema



### 3.4. IL DATABASE

Il database del DSS è stato pianificato ed elaborato usufruendo della metodologia DAFNE (Data and Function Networking), la quale è sviluppata per mezzo di una sequenza di attività e dei prodotti risultanti. Nella tabella 3.4.1 viene mostrato il ciclo di vita di DAFNE.

*Tabella 3.4.1 Ciclo di vita del DAFNE*

ATTIVITÀ	PRODOTTI RISULTANTI
Analisi dei requisiti del sistema	Contesto per i dati
Definizione dei requisiti del software	Schema concettuale
Integrazione dei dati e delle funzioni	Schema funzionale
Progettazione dei dati	Schema logico
Creazione del database	Schema fisico

Il contenuto del database viene diviso in:

- dati associati al grafo della rete di trasporto, rappresentativi dell'offerta infrastrutturale e dei servizi;
- dati originati dalle fonti istituzionali e da chi opera nel settore dei trasporti;
- dati da una campagna di interviste e conteggi;
- dati di scenario.

### *3.4.1. I DATI DELL'OFFERTA*

La configurazione dell'offerta è rappresentata come una rete intermodale composta dalle reti infrastrutturali modali e dalle reti relative ai servizi di trasporto collettivi; i dati e gli attributi caratteristici di questa rete intermodale hanno prodotto un livello di sintesi utile per pianificare attività a livello nazionale e sono il risultato di formulazioni che, cominciando dall'attuale, specificano le caratteristiche delle reti fisiche infrastrutturali e della struttura attuale dei servizi di trasporto (le caratteristiche attuali dell'offerta nel sistema dei trasporti nazionali). Occorre ricordare che, nel modello di offerta adottato, la rete autostradale costituisce il sistema di accesso a tutte le altre reti di trasporto.

I servizi di trasporto collettivo rappresentati le linee di servizio, le frequenze e le tariffe, sono costituiti da:

- servizi ferroviari passeggeri nazionali ed internazionali;
- servizi stradali passeggeri nazionali ed internazionali (autolinee extraregionali ed extraprovinciali);
- servizi aerei passeggeri nazionali ed internazionali;
- servizi marittimi passeggeri nazionali ed internazionali.

La rete dei servizi ferroviari passeggeri è stata costruita a partire dall'orario ufficiale, sia per quanto riguarda i servizi sul territorio nazionale che per quelli internazionali in relazione con l'Italia. Tali servizi sono rappresentati nel SIMPT da tre archivi descrittivi contenenti le linee, i percorsi e il numero di treni che transitano su ogni arco per tipo di servizio, per ogni periodo temporale di riferimento (estate, inverno). E' stata inoltre effettuata, in modo organico, la rilevazione dei principali servizi che effettuano collegamenti tra nodi esteri e per i quali è possibile ipotizzare una coincidenza con un servizio internazionale "diretto" (servizi internazionali "indiretti"). La rete che rappresenta questi servizi è rappresentata dalla figura 3.4.1.

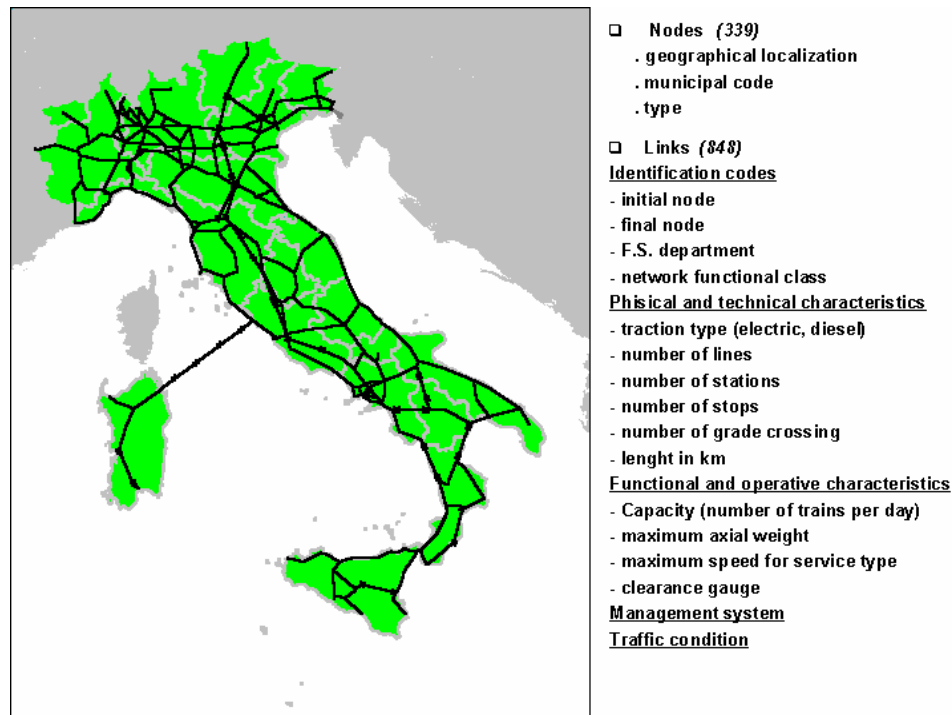


Figura 3.4.1 Rete ferroviaria italiana rappresentata in SIMPT

La rete dei servizi stradali passeggeri è stata costruita su base documentale sia per quanto riguarda i servizi nazionali che quelli internazionali in relazione con l'Italia. Per ogni periodo di riferimento (estate, inverno) sono stati costruiti due archivi descrittivi contenenti le linee e i percorsi. La rete che rappresenta questi servizi è rappresentata dalla figura 3.4.2.

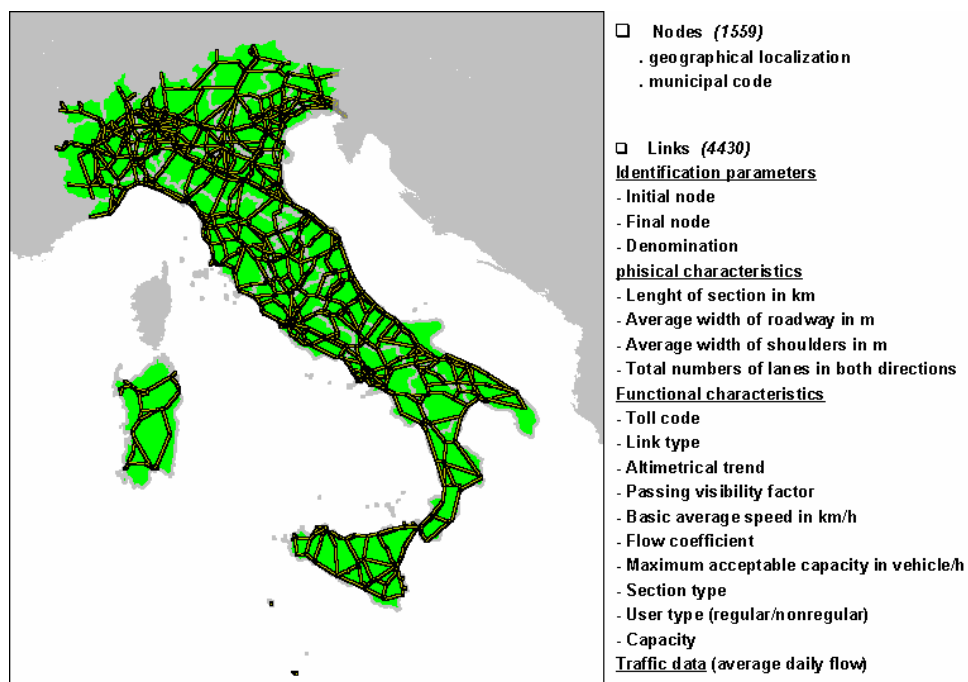


Figura 3.4.2 Rete stradale italiana rappresentata in SIMPT

La rete dei servizi aerei passeggeri è stata costruita utilizzando come fonte gli orari ufficiali, integrati, per i voli delle compagnie minori e delle compagnie straniere, con le informazioni riportate nella documentazione internazionale. I servizi descritti nella base dati sono relativi esclusivamente ai voli di linea e le tariffe indicate sono relative alla classe economica. La rete che rappresenta questi servizi è rappresentata dalla figura 3.4.3.

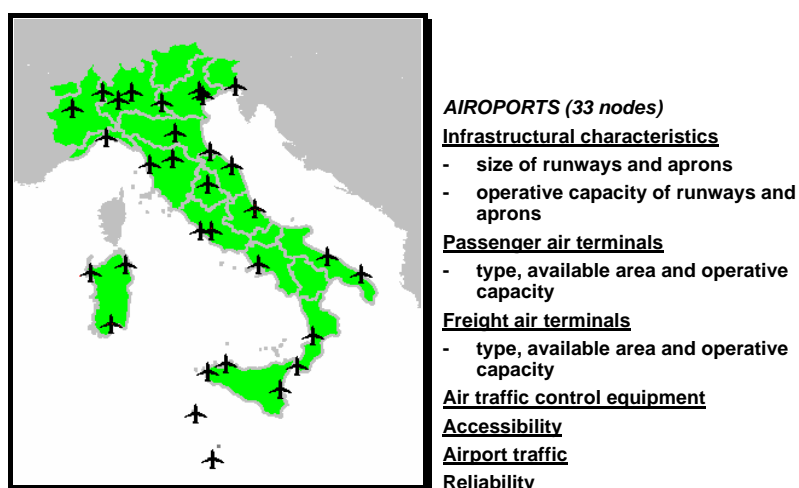


Figura 3.4.3 Rete aeroportuale italiana rappresentata in SIMPT

Per il settore marittimo non esistono – nella configurazione attuale del sistema – linee di servizio esplicite. La rete dei servizi marittimi passeggeri è stata costruita utilizzando come fonte principale fonti informative indirette (e.g. “Travel by sea”, [www.mare-tir.it](http://www.mare-tir.it)) accompagnate dagli orari delle principali compagnie di navigazione. Gli orari sono forniti su base annuale con l’indicazione del periodo di validità del servizio stesso, conseguentemente anche la base dati è stata costruita su base annuale, avendo specificato il periodo di validità di ogni servizio. La rete che rappresenta questi servizi è rappresentata dalla figura 3.4.4.

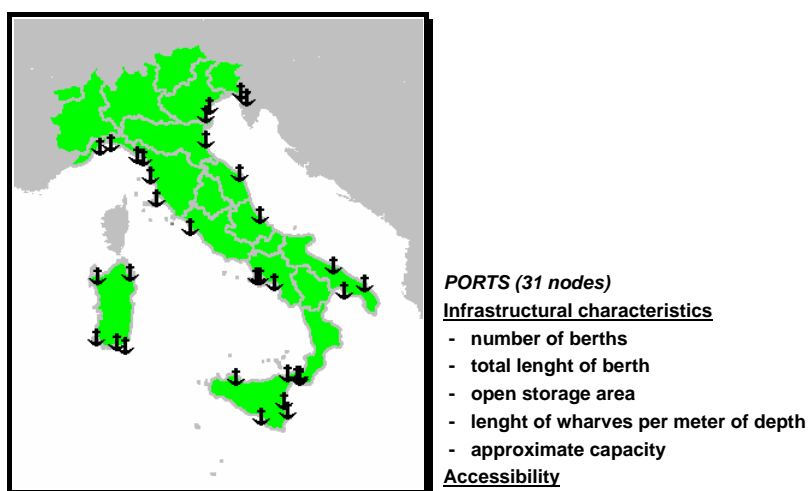


Figura 3.4.4 Rete portuale italiana rappresentata in SIMPT

### *3.4.2. I DATI DA FONTE*

I dati demografici e socio-economici, che riguardano sia la domanda di trasporto che il traffico, vengono acquisiti da fonti statistiche ufficiali, da istituzioni pubbliche e da tutti coloro che lavorano nel settore dei trasporti.

Per i dati demografici e socio-economici, la fonte principale è l'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT). Questi dati, dove necessario, sono stati integrati e aggiornati con i dati resi disponibili dagli uffici dell'amministrazione pubblica sia locale che centrale.

I dati che riguardano la domanda e il traffico sono stati acquisiti da operatori, sia pubblici che privati, nel settore dei trasporti, come le società che offrono i servizi e quelle che gestiscono le infrastrutture, per mezzo di elaborazioni dei dati relativi alla vendita di biglietti o la registrazione dei veicoli e del movimento dei passeggeri (dati sul traffico merci e passeggeri).

### *3.4.3. I DATI DALLE INTERVISTE E DALLE MISURE DI TRAFFICO*

Nell'ambito del progetto per l'aggiornamento del DSS si è proceduto ad intraprendere una vasta campagna di interviste riguardanti il comportamento degli utenti del sistema di trasporto e per misurare il volume di traffico su una vasta campionatura di sezioni della rete.

La campagna di indagine è stata pianificata in due fasi (Estate 1994 e Inverno 1995) ed è stato suddivisa in:

- interviste telefoniche ai residenti (RP singole<sup>4</sup>, RP panel<sup>5</sup> e SP<sup>6</sup>);

---

<sup>4</sup> **RP**. Intervista di tipo Revealed Preference Singola: eseguita una sola volta nell'arco dell'anno

<sup>5</sup> **Revealed Preference Panel**: eseguita quattro volte, una ogni tre mesi nell'arco dell'anno

<sup>6</sup> **SP**. Intervista di tipo Stated Preference

- interviste ai passeggeri in transito attraverso i valichi internazionali (stradali, ferroviari, marittimi e aerei);
- interviste ai conducenti di mezzi pesanti in transito ai valichi stradali internazionali e rilievi di traffico veicolare;
- misurazioni del traffico: acquisizione di dati di traffico sulle infrastrutture a pedaggio e su tratte dei servizi differenti da quello stradale.

#### LE INTERVISTE TELEFONICHE

Per l'estate del 1994, sono state pianificate 6000 interviste telefoniche tra luglio e settembre, e altre 10.000 interviste telefoniche per l'inverno del 1995. Successivamente, il comportamento degli utenti è stato monitorato tramite un insieme di 1000 individui che sono stati intervistati nel mese di luglio 1995, a settembre 1995 e nell'inverno del 1996. I risultati delle interviste telefoniche sono stati utilizzati per calibrare i modelli di emissione, di distribuzione e di scelta modale relativamente alla mobilità interna dei residenti. Essi possono anche essere utilizzati per studiare lo scambio che i residenti hanno con i Paesi stranieri. Inoltre, essi consentono di stimare alcuni parametri che sono utilizzati nelle procedure di stima delle matrici O/D.

#### LE INTERVISTE AI PASSEGGERI IN TRANSITO AI VALICHI INTERNAZIONALI

Le interviste ai valichi di frontiera permettono di ottenere dati e informazioni al fine di specificare e calibrare i modelli per quanto riguarda lo scambio con l'estero relativo ai soli passeggeri. Sono state raccolte informazioni per quanto riguarda le caratteristiche dei soggetti intervistati, le caratteristiche e le finalità dello spostamento, il luogo di origine e la destinazione. Inoltre, sulla base dei risultati delle interviste e dei dati di traffico raccolti nei giorni delle interviste per ogni passaggio di frontiera, è stata redatta una stima per il flusso di scambi internazionali su una giornata media di lavoro e di vacanza, sia in inverno che in estate.

## LE INTERVISTE AI CONDUCENTI DI MEZZI PESANTI

Le interviste sono state effettuate:

- nel mese di luglio 1994 e nel febbraio-marzo 1995;
- a più di 120 sezioni stradali (in entrambe le direzioni);
- durante il giorno (7:00 a.m. - 7:00 p.m.);
- durante la notte solo su alcuni tratti caratterizzati da flusso di traffico di lunga distanza;
- per un ammontare complessivo di circa 70 interviste per ogni sezione stradale e per ogni direzione.

Dalle interviste dei conducenti di veicoli che trasportano merci si ottengono una serie di stime dimensionali, che appaiono nei modelli per la domanda di merci, e i dati necessari per calibrare alcuni di questi modelli. Inoltre si verifica se è possibile costruire matrici di origine/destinazione delle merci sulla base delle interviste agli autisti e sui dati relativi al transito di veicoli merci sulle sezioni corrispondenti al punto in cui le interviste sono state effettuate.

## I CONTEGGI DI TRAFFICO

I conteggi di traffico sono stati effettuati:

- nel mese di luglio del 1994 e nel febbraio-marzo 1995;
- in un giorno lavorativo (feriale);
- su 125 sezioni stradali (in entrambe le direzioni), di cui 13 passi dove le interviste sono state condotte ai passeggeri in transito;
- in un periodo di 24 ore.

I conteggi di traffico sono state ripetute di Domenica ai passi. Le sezioni stradali selezionate soddisfano i seguenti requisiti:

- l'indagine punta ad essere ben assimilabile alla rete stradale infrastrutturale del DSS;
- sono situate lungo i confini regionali.

Le misurazioni si riferiscono a tutto il periodo di 24 ore e sono divise in segmenti di 30 minuti. Inoltre, esse sono classificate in base ad 8 classi di veicoli.

Per i veicoli del trasporto passeggeri, in relazione alle sezioni oggetto del sondaggio, è stato stimato campionariamente il coefficiente di occupazione dei veicoli; viene utilizzato per stabilire un rapporto tra il numero di passeggeri e il numero di veicoli.

I dati provenienti dalle indagini di cui sopra, sono stati inseriti nella banca dati del DSS per poi essere utilizzati per correggere le stime delle matrici O/D dei passeggeri e di estendere i risultati delle interviste condotte con i conducenti di veicoli merci all'universo dei veicoli commerciali in transito alle sezioni oggetto di rilevazione.

Per gli aeroporti e i porti marittimi internazionali dove sono state condotte interviste ai passeggeri provenienti/diretti da/verso l'estero, i dati sono raccolti, relativamente ai giorni del sondaggio, riguardo al movimento dei passeggeri, distinguendo, dove possibile, il luogo di origine dalla destinazione del viaggio.

Per quanto riguarda i treni in transito alle stazioni di attraversamento su i quali sono state condotte le interviste ai passeggeri, sono stati raccolti i dati per quanto riguarda il numero di passeggeri in transito tra gli intervistati in attraversamento, in base ai giorni, distinguendo l'origine dalla destinazione del viaggio e, se possibile, distinguendo per treno, al fine di estrapolare i risultati delle interviste per l'universo di passeggeri in transito nei giorni in cui il sondaggio è stato condotto.



#### *3.4.4. I DATI DELLO SCENARIO*

Per la sua funzione di valutazione delle politiche di intervento nel settore dei trasporti, il DSS ha bisogno di previsioni a medio e lungo periodo per quanto riguarda una serie di variabili utilizzate dai modelli di domanda. Nel resto del capitolo, il termine "scenario" sarà utilizzato per fare riferimento a un articolato ma allo stesso tempo coerente insieme di stime di previsione relative a diverse variabili prodotte, in relazione ad un insieme di ipotesi o aspettative, che a loro volta sono articolate ma coerenti.

L'ipotesi, che viene qui descritta, è costituita dalla suddivisione dello scenario in tre componenti:

- lo scenario demografico. Le previsioni demografiche sono necessarie al più vasto livello possibile di disaggregazione territoriale, in materia di:
  - numero di persone fisiche residenti;
  - distribuzione di tali individui in fasce di sesso ed età;
  - numero di famiglie residenti;
  - distribuzione delle famiglie di dimensione, se possibile, referenziata trasversalmente (cross-referenced) con distribuzioni marginali relative alle caratteristiche dei singoli membri della famiglia.
- lo scenario socio-economico. Le previsioni disaggregate, relative alle seguenti variabili, sono necessarie allo stesso livello delle variabili dello scenario demografico:
  - la distribuzione dei singoli individui attivi (di età superiore a 14) per tipo di attività (alto livello di occupazione, basso livello di occupazione, studenti universitari, altri individui attivi);
  - la distribuzione delle famiglie in fasce di reddito familiare;
  - il numero di lavoratori agricoli;
  - il numero di lavoratori industriali;

- il numero di commercianti;
  - il numero di lavoratori in altri servizi;
  - il numero di posti letto in alloggi turistici.
- lo scenario economico regionale (macro-economico). Per lo scenario macroeconomico, è necessario che le previsioni siano per quanto possibile disaggregate territorialmente (sarebbe auspicabile almeno a livello provinciale) e articolate attraverso la produzione di “branch”, in termini delle seguenti variabili:
- prodotto interno lordo o, in alternativa, il valore aggiunto del costo dei fattori;
  - importazioni;
  - esportazioni;
  - consumo;
  - consumi collettivi;
  - investimenti.

La complessità dell’articolazione degli scenari necessari per la valutazione del sottosistema temporale del DSS, sicuramente vincola la metodologia che può essere utilizzata per la costruzione dei loro scenari, soprattutto se viene preso in considerazione ciò che segue:

- le possibili interazioni tra i diversi fattori demografici, socio-economici e delle componenti macroeconomiche;
- l’orizzonte temporale (20-30 anni);
- la maggiore articolazione territoriale (267 zone) necessaria per gli scenari.

L’orizzonte temporale rappresenta un notevole vincolo, in quanto significa escludere una semplice e più o meno lineare estrapolazione delle tendenze evolutive dei singoli fenomeni, presupposto che la coerenza tra i vari elementi degli scenari in termini di strutture demografiche, socio-economiche e macroeconomiche.

La generazione di scenari integrati di lungo periodo, di conseguenza, richiede un dettaglio del modello basato su ipotesi esplicite per quanto riguarda il comportamento dei principali fenomeni economici e demografici, tenendo conto della loro interazione a livello territoriale.

La soluzione adottata consiste nel separare il problema della coerenza dello scenario da quello della sua articolazione territoriale; di conseguenza, saranno impiegate due distinte procedure:

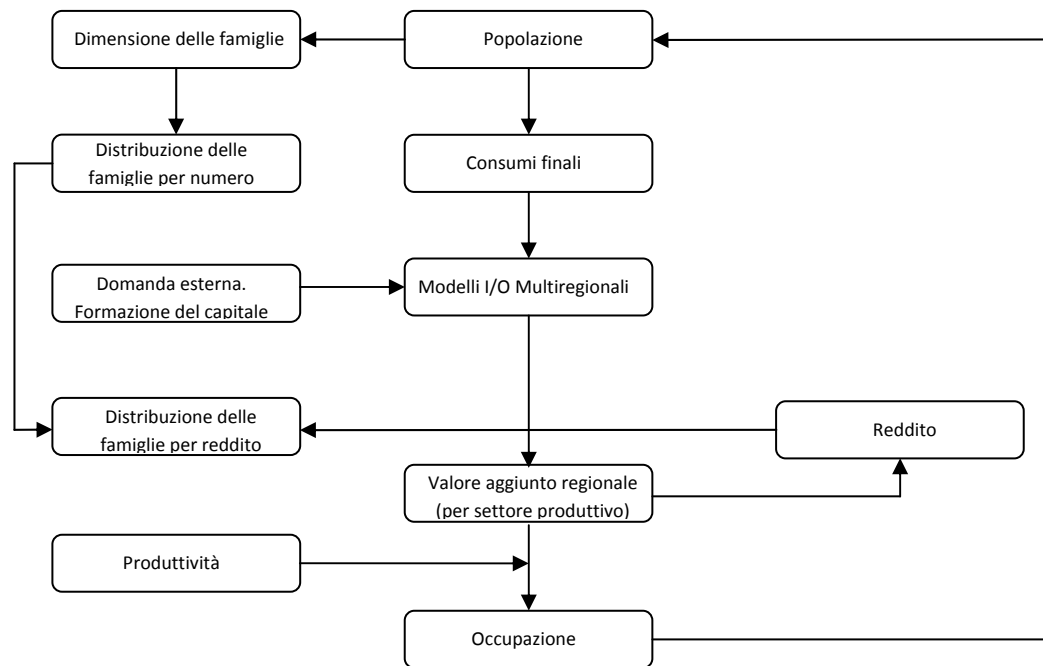
- la prima, “generare” valutazioni demografiche, sociali ed economiche, che siano coerenti tra di loro su scala regionale;
- la seconda, “spazializzare” quelle valutazioni, tenendo conto delle situazioni topologiche e delle strutture economiche e demografiche che caratterizzano le varie regioni.

La parte della procedura volta a formalizzare le procedure alternative a livello regionale dovrà consistere in un modello - più esattamente, di una serie di sotto-modelli che sono coordinati tra di loro - in modo da fornire una serie di valutazioni integrate e coerenti per ogni regione e per una serie di anni, nel corso del periodo di previsioni, in materia di fenomeni demografici, socio-economici e macroeconomici.

L'orizzonte di medio-lungo periodo offre il vantaggio di rendere gli aspetti delle previsioni che sono di natura ciclica, irrilevanti, sia dal punto di vista più delicato a breve termine dell'economia reale, che dal punto di vista dell'economia monetaria in senso ampio (flussi finanziari, tassi di interesse, ecc.).

Dato che, questo approccio prevede la tendenza a lungo termine degli aspetti dell'economia reale prevalgono, la costruzione di scenari deve consistere nella formulazione di una serie di:

- ipotesi a priori circa l'evoluzione delle fondamentali risorse del sistema, cioè la popolazione, il capitale e il progresso tecnico;
- i vincoli di coerenza tra le risorse e il loro utilizzo, tenendo conto delle conoscenze disponibili sul comportamento della popolazione in termini di consumo e di lavoro, sulle tecniche di produzione adottate e sulla distribuzione degli scambi interregionali.



*Figura 3.4.5 Rappresentazione dell'impiego dei dati dello scenario*

Ciò che segue è un quadro generale del modello proposto per la costruzione degli scenari, con una descrizione dei principali nessi causali tra i vari blocchi delle componenti del modello stesso (figura 3.4.5):

- A) La popolazione rappresenta l' elemento di entrata (input) che è esogeno al modello, nel momento in cui si può ragionevolmente supporre che i nessi casuali economia/popolazione - che in effetti non possono essere ignorati - hanno un ritardo temporale che è maggiore del nesso inverso. Per quanto riguarda la popolazione viene sviluppato uno speciale multi-modello regionale basato sulle disponibilità dei dati annuali disaggregati per sesso, età e regione.
- B) Data la popolazione, sarà possibile stimare, con un ragionevole grado di affidabilità, l'evoluzione della dimensione media del nucleo familiare e, sulla base di questo, la distribuzione delle famiglie per numero di membri.
- C) Dalla popolazione - aggregata, o tenendo conto della sua struttura demografica - può essere ottenuta una stima, a parità di reddito, dei consumi regionali disaggregati per settore di produzione.
- D) L'output del punto C) costituisce il principale input per una tabella multi-regionale intersettoriale (che è stata attuata nel DSS nel contesto della procedura per la stima

della domanda di merci), che costituisce il nucleo del modello integrato proposto. Gli altri input per la tavola I/O, cioè la domanda esterna e la formazione del capitale, può provenire da alternative, formulazioni esogene o da una modellizzazione endogena più articolata (come la registrazione del capitale sociale nelle funzioni di produzione).

- E) La soluzione della tabella I/O fornisce il valore aggiunto multi-settoriale e multi-regionale da cui il reddito regionale può essere dedotto. Tali redditi, a loro volta, hanno un effetto retroattivo (con debiti tempi di ritardo, in modo da evitare eccessiva simultaneità nelle relazioni, le quali probabilmente rendono il modello di per sé troppo instabile) sulla determinazione del consumo finale regionale.
- F) Da una conoscenza del livello di reddito regionale, il numero delle famiglie e della loro distribuzione per numero di membri, viene utilizzato per rendere plausibili le stime della distribuzione quantitativa del reddito per famiglia.
- G) Dato il valore aggiunto del settore, una formulazione esogena di una ipotesi circa la crescita di produttività generale nel sistema - accompagnata, in un quadro più articolato, dalla conoscenza della distribuzione regionale e settoriale del livello di produttività e da un'ipotesi circa l'evoluzione dello stesso - permette di ottenere l'evoluzione dell'occupazione disaggregata per settore e per regione.
- H) A questo punto, il modello può essere reso consistente ottenendo e mantenendo sotto controllo una serie di indicatori di specifici tassi di attività e di disoccupazione per regione, in modo da ottenere una plausibile progressione del modello di produzione. Questo approccio generale può essere esteso ad altri parametri (ad esempio, tendenze del consumo medio, ecc) per i quali nel DSS non vengono messi a punto modelli espliciti non sono in programma.

Una volta che le previsioni a lungo termine sono state effettuate per le 20 regioni e per le variabili sopra citate, nella fase successiva le previsioni vengono riportate a livello sub-regionale.

Per la "spazializzazione" dei dati regionali, sono stati presi in considerazione due gruppi distinti di variabili. Per le variabili utilizzate nei modelli di domanda di trasporto passeggeri, la disaggregazione territoriale passa al livello delle 267 zone di traffico adottate per stimare

la domanda. Per le variabili utilizzate nei modelli di domanda di trasporto merci, la disaggregazione territoriale passa a livello provinciale. Alcuni metodi di "spazializzazione" privilegiano le relazioni esistenti fra le variabili oggetto non osservate e le altre variabili legate alle precedenti (variabili ausiliarie), per le quali sono disponibili osservazioni disaggregate territorialmente (metodi di regressività).

Il caso in esame si riferisce ai fenomeni sociali ed economici che, come è noto, sono caratterizzati da una forte discontinuità territoriale. In questo senso, l'influenza delle variabili ausiliarie tende con ogni probabilità a predominare per quanto riguarda l'aspetto puramente topologico. Per questo motivo si utilizzano principalmente metodi di tipo regressivo.

In fase di simulazione, l'utente sarà in grado di selezionare lo scenario di lavoro che corrisponde a precise ipotesi sulle tendenze evolutive dei macro-fenomeni di cui sopra. Nel DSS viene identificato un insieme ridotto di "ipotesi di base" (costituito da una combinazione di ipotesi relative ai singoli macro-fenomeni). Ognuna di queste "ipotesi di base" può essere associata ai risultati del corrispondente modello di simulazione. I risultati vengono prodotti su una scala temporale di 25 anni e vengono resi disponibili a intervalli di cinque anni.

Ogni serie di variabili che si rivela essere associata a ciascuna delle precedenti simulazioni rappresenta uno specifico scenario demografico e socio-economico. Ciascuno degli scenari prodotti in questo modo, pertanto, è reso disponibile all'interno del DSS come un insieme di dati di previsione, ad intervalli temporali di cinque anni, corrispondenti ad una " ipotesi di base " che è stata definita a priori.

### 3.5. IL SISTEMA DEI MODELLI

L'analisi del sistema di trasporto e la valutazione degli effetti di piani di intervento e di dinamiche esogene relative a fenomeni esterni (dinamiche demografiche, sociali ed economiche), viene effettuata con un complesso sistema di modelli, si veda la figura 3.5.1, che si articola come segue:

- un modello di domanda, che è in grado di simulare le caratteristiche della domanda di trasporto (passeggeri e merci);
- un modello di offerta, che rappresenta le principali caratteristiche della configurazione dell'offerta del sistema di trasporto (passeggeri e merci);
- un modello di assegnazione che simula le interazioni tra domanda e offerta.

Il sistema viene completato da:

- modelli per l'analisi dell'impatto e delle prestazioni;
- modelli per l'analisi dei costi e dei ricavi.

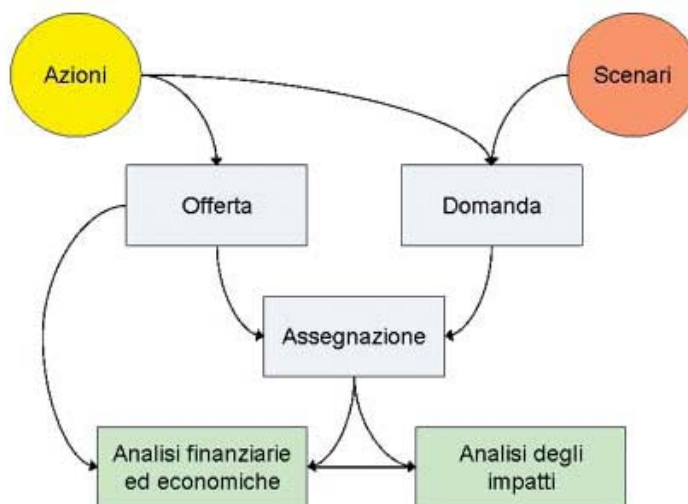


Figura 3.5.1 Diagramma di blocco del sistema dei modelli

Successivamente, viene analizzata la possibilità di definizione degli strumenti per l'analisi economica e finanziaria degli interventi, in base ai risultati delle simulazioni realizzate usando i modelli precedenti.

Il sistema dei modelli é costituito dal complesso delle procedure software che implementano tale sistema di calcolo e agisce, per la fase di monitoraggio, sulle variabili consolidate presenti nella base dati e, per la fase di valutazione, su dati rappresentativi di ipotesi di intervento sulla configurazione di offerta formulate dall'utilizzatore e/o su ipotesi di scenario selezionate dall'utilizzatore. Questi modelli consentono all'utilizzatore di analizzare molteplici indicatori il cui valore fornisce una ricostruzione dello stato attuale o futuro del sistema dei trasporti, a seconda del tipo di interrogazione effettuata. La dipendenza logica tra i modelli del sistema è mostrata sinteticamente nella figura 3.5.2.

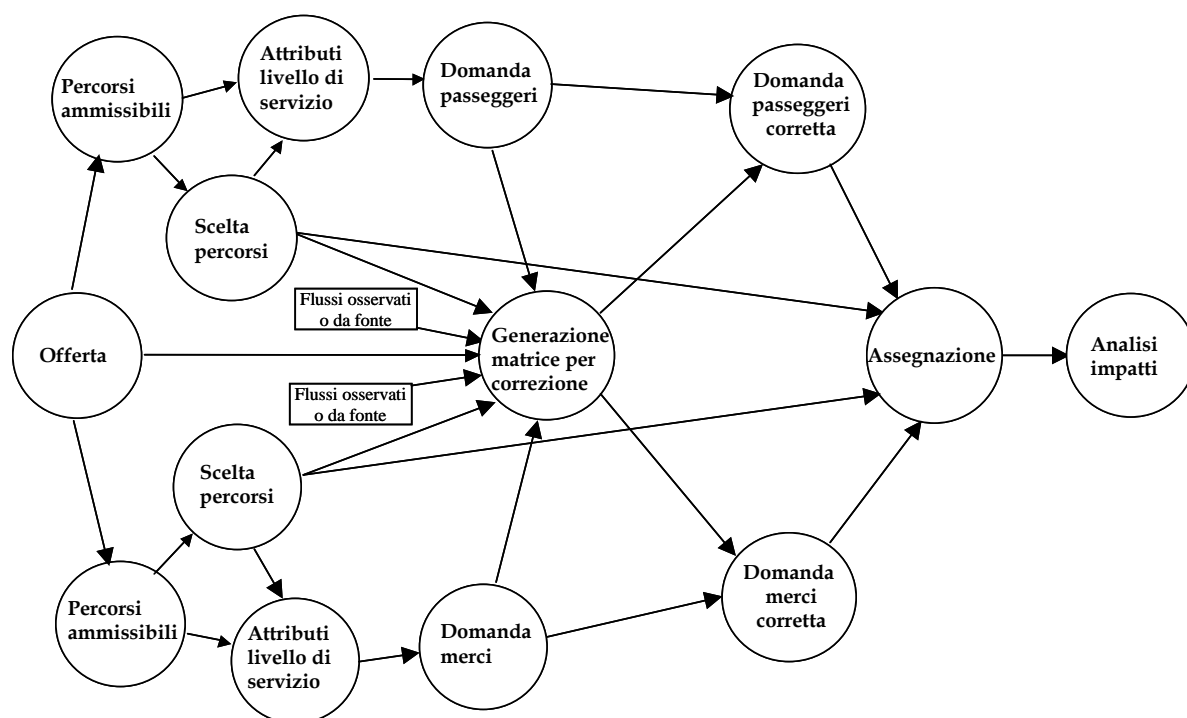


Figura 3.5.2 Schema logico dei modelli



### 3.6. L'INTERAZIONE UTENTE-SISTEMA

Il DSS presenta un'interfaccia volta a:

- gestire ed assistere l'utente nella formulazione di ipotesi di intervento sulla base di osservazioni e per analizzare i risultati delle simulazioni di cui sopra;
- rendere disponibili i risultati in un formato opportunamente utilizzabile;
- consentire un confronto tra le simulazioni;
- gestire il ripristino del contesto originale, che ha realizzato un determinato risultato e, quindi, permette di riprodurre tale risultato.

Per quanto concerne l'interfaccia tra l'utente e il sistema il paradigma della rappresentazione visiva che è stata adottata si presenta eterogeneo:

- l'accesso alla banca dati ha luogo utilizzando un meccanismo QBE (Query By Example), che permette la formulazione di facile e immediata comprensione delle query di ricerca, anche quelle che sono molto complesse dal punto di vista delle condizioni espresse per i dati;
- le formulazioni delle ipotesi di intervento si basano, invece, su un tipo di diagrammi di rappresentazione.

### 3.6.1. L'INTERFACCIA PER L'ACCESSO AI DATI

L'interfaccia di accesso ai dati si compone di:

- *Data Selector*, la componente attraverso la quale l'utente è in grado di accedere a una delle basi dati e di formulare richieste secondo il relativo schema concettuale;
- *Results Manager*, che fornisce i dati che devono essere estratti e manipolati all'interno della database individuale degli utenti;
- *Driver*, la componente che coordina l'attivazione delle singole componenti;
- *Query Generator*, che ha il compito di costruire un comando SQL che corrisponde alla query formulata dall'utente, esclusivamente nei termini di quegli attributi presenti nel schema concettuale, presentati dal Data Selector;
- *Service Software*, che consiste in un insieme di componenti che fanno da supporto o eseguono funzioni collegate a tutti gli altri;
- *DBMS Interface*, la componente che ha il compito di comunicare la query da eseguire al software di accesso ai dati e di trasmissione i dati ottenuti al Results Manager.

Nella figura 3.6.1 viene rappresentato il ciclo di richiesta dell'utente per la visualizzazione di dati.

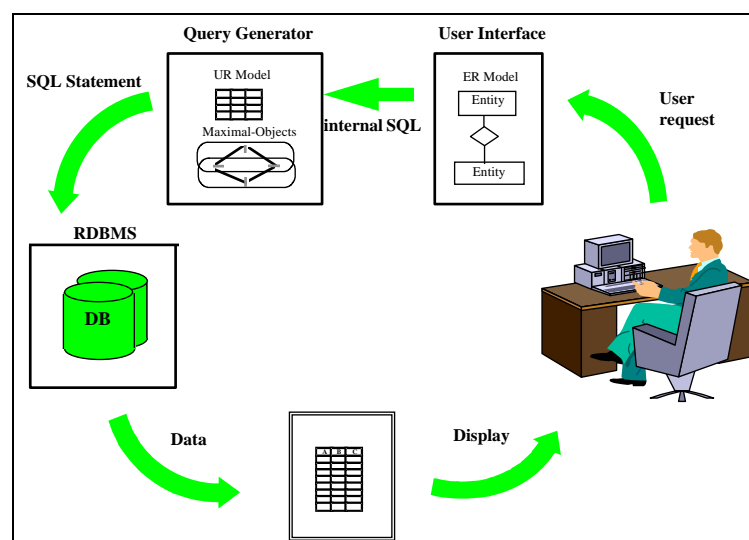


Figura 3.6.1. Ciclo richiesta di utente

La costruzione di query, anche quelle molto dettagliate, è resa semplice e immediata con l'adozione di meccanismi, come QBE (Query By Example), che richiedono una struttura molto intuitiva per la query, simile alla struttura della tabella dei dati di risposta.

Una query è costituita da un insieme di dati (o attributi) i cui valori devono essere richiesti ed, eventualmente, da una serie di condizioni (o criteri) che limitano la selezione di tali valori. Con il meccanismo QBE, i dati sono disposti nell'intestazione di una griglia ed ogni criterio di selezione viene messo nelle celle sottostanti. Le condizioni inserite sulla stessa linea devono essere verificate simultaneamente; le condizioni immesse nella stessa colonna (ma su diverse linee) sono alternative non mutuamente esclusive.

La costruzione di paradigma adottato (QBE) garantisce soprattutto la correttezza formale (sintassi) della query, mentre la sua espressione è ottenuta attraverso una serie di regole e di algoritmi che dinamicamente propone soli e tutti quei dati che sono compatibili e significativi per le scelte fatte.

Il sottosistema Query Generator traduce le richieste dell'utente in variabili e in comandi che vengono riconosciuti dal sottosistema di accesso. Questa fase garantisce la correttezza sintattica della traduzione nella lingua standard per la comunicazione con il DBMS (SQL - Structured Query Language) e ottimizza la sua esecuzione garantendo l'uso del numero minimo di tabelle necessarie per recuperare i dati richiesti dall'utente, aggiungendovi le informazioni necessarie per mettere i dati in ordine e in gruppi.

Queste funzioni sono rese possibili dalla presenza di complessi e molto efficienti algoritmi (basati sulla teoria dei grafi e sulla Teoria Universale delle Relazioni) che fanno uso della descrizione dello schema logico del database.

### *3.6.2. L'INTERFACCIA CON IL SISTEMA DI MODELLI*

L'articolazione dei modelli DSS può essere assimilata a un grafo in cui i nodi rappresentano la particolare applicazione del modello, mentre gli archi orientati esprimono le relazioni tra le varie applicazioni. Questa relazione esprime la proprietà di identità dell'output di un modello avente come input la successiva posizione su un percorso del grafo.

Dopo un'ammissibile aggiornamento delle dimensioni caratteristiche della configurazione dell'offerta e degli scenari per scopi di simulazione, pur garantendo la coerenza degli interventi, l'interfaccia attiva un riconoscimento delle relazioni (dirette o indirette), controlla la riproduzione dei risultati, e fornisce all'utente la possibilità di:

- attivazione del calcolo del modello a seconda dei dati di input modificati (processamento immediato), che dichiara obsoleti i risultati dei modelli correlati con esso;
- riproduzione del calcolo di tali modelli appartenenti alla catena delle relazioni definite in precedenza (un percorso del grafo), chiedendo se continuare il calcolo ad ogni nodo;
- riproduzione del calcolo di tutti i modelli appartenenti alla catena di relazioni, ancora una volta rendendo congruenti tutte le dimensioni calcolate.

L'utente ottiene notevoli vantaggi dalla possibilità di scegliere tra le opzioni appena descritte; in questo modo egli ha a disposizione uno strumento che è flessibile e che può essere adattato ai differenti contesti operativi. Spesso l'utente è interessato ad osservazioni locali della propria ipotesi di intervento prima di accettare (il che significa l'attivazione di una complessa ma limitata "re computazione"), quindi con la riproduzione e l'istigazione un'attivazione conosciuta di un complesso di calcoli richiederebbe più tempo di quello che è necessario per un sistema interattivo.

### 3.6.3. LA COMPONENTE MAPPA

La natura del DSS intrinsecamente impone una stretta relazione tra processi decisionali, la rappresentazione e interpretazione della situazione territoriale.

Se, da un lato, modellazione, flessibilità, affidabilità, semplicità di utilizzo, ed efficienza algoritmica costituiscono elementi fondamentali di pianificazione, è ovvio che il sistema ha bisogno di una componente tecnologica volta ad una rappresentazione grafica delle caratteristiche della suddivisione territoriale nelle zone di traffico adottate, composta da almeno i dati relativi ai confini amministrativi ed agli elementi della rete (grafi che rappresentano le reti di trasporto per i vari modi di trasporto).

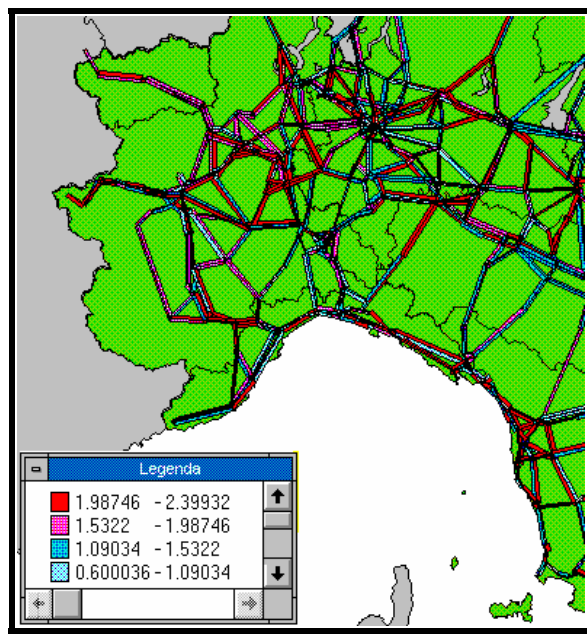


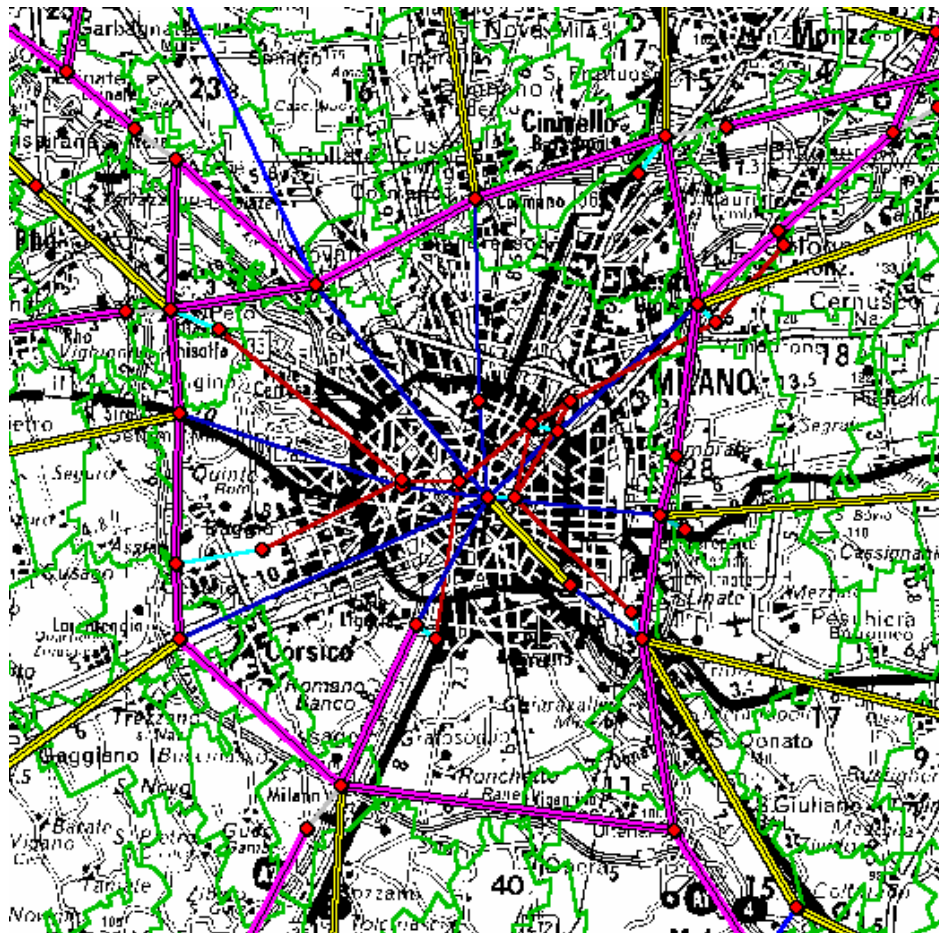
Figura 3.6.2. Flusso di traffico sulla rete autostradale

La struttura topologica, come accennato in precedenza, può essere schematizzata utilizzando elementi della teoria dei grafi, che è il metodo più adatto per rappresentare questo tipo di applicazione; gli elementi topologici della rete possono essere associati a specifiche funzioni di costo.

I flussi che coinvolgono gli archi di una rete di trasporto sono il risultato del modo in cui gli utenti scelgono i vari percorsi che collegano la zona di origine con quella di destinazione; la funzione di monitoraggio del sistema (e quindi le informazioni circa i valori del flusso, della

velocità e delle eventuali situazioni di congestione) può quindi essere rappresentata per mezzo di un grafo bidimensionale.

La necessità di avere a disposizione sistemi che implementano tecnologie adeguate per far fronte a informazioni sul territorio è ulteriormente rafforzata dalla constatazione che determinati concetti delle relazioni spaziali (come adiacenza, appartenenza, confine, connessione e inclusione) sono contenuti e gestiti nel quadro di tali tecnologie. Utilizzando queste tecnologie, si è in grado di esprimere vincoli territoriali, come ad esempio vincoli in materia di posizione, forma, topologia e logica; si è anche in grado di eseguire operazioni spaziali, come ad esempio sovrapposizione, misurazione delle distanze, misurazione delle zone, intersezioni, query territoriali e classificazione secondo la proprietà del sito.



*Figura 3.6.3. Particolare del grafo dell'area che circonda la città di Milano*

### 3.7. L'ARCHITETTURA INFORMATICA

La componente software del sistema DSS, che si propone di implementare gli strumenti algoritmici, include una serie di procedure che gestiscono coerenti serie di dati. Il tempo necessario alla loro elaborazione potrebbe essere lungo; l'architettura software tradizionale potrebbe portare a negare l'uso del sistema per tutte le altre operazioni, oltre a periodi di tempi di elaborazione relativamente lunghi. La soluzione tecnica a questo inconveniente dovrebbe consistere nella disponibilità di un sistema multi-tasking su ogni stazione di lavoro; in alternativa, è possibile ricorrere alle seguenti soluzioni:

- elaborare i dati su macchine dotate di una maggiore velocità di processamento;
- eseguire l'elaborazione in modo asincrono per quanto riguarda l'interfaccia utente.

Il secondo obiettivo proposto può essere realizzato in modo adeguato progettando il software che implementa la componente algoritmica, in modo che periodicamente ripristini il controllo della CPU durante l'elaborazione.

Per il raggiungimento di entrambi gli obiettivi, si presuppone l'uso di un'architettura non tradizionale, come, per esempio, un'architettura client-server. In questo caso, gli utenti che stanno lavorando alle stazioni del client innescano il processo di calcolo, che viene eseguito in modo asincrono per quanto riguarda l'attività del client su un computer server dotato di una maggiore capacità di elaborazione.

### *3.7.1. IL MODELLO CLIENT-SERVER*

L'architettura client-server è una efficiente architettura informatica che rende le risorse di calcolo più accessibili per gli utenti, che possono così prendere meglio e più rapidamente le decisioni: essa è in grado di sfruttare la potenza di elaborazione sia del server che della macchina desktop.

Il "front-end" è il luogo di presentazione e manipolazione dei dati in modo grafico, o, in ogni caso, in un modo che sia facilmente accessibile e comprensibile per l'utente. Il desktop è collegato alla rete attraverso il server "back-end", che è responsabile della memorizzazione, del recupero e della protezione dei dati dell'attivazione dell'elaborazione dei calcoli del modello.

L'architettura client-server offre una serie di benefici, che sono, brevemente, di seguito elencati:

- i sistemi client-server sono molto efficienti, in quanto i servizi back-end (database e programma di calcolo) possono essere condivisi da diverse applicazioni front-end;
- gli utenti possono avere accesso in qualsiasi momento ai dati, per mezzo di strumenti di uso comune, come ad esempio fogli di lavoro, e, in ogni caso, sempre tramite l'interfaccia utente grafica (GUI), riducendo in tal modo, tra le altre cose, il tempo di apprendimento;
- la possibilità di integrare applicazioni client-server con applicazioni di produttività personale consente agli utenti di costruire rapidamente soluzioni personalizzate;
- i sistemi client-server sono flessibili e facilmente scalabili; in altre parole, è facile rispondere a una maggiore necessità di calcolo con l'aggiunta di nuovo server o di processori client;
- l'amministratore di rete è in grado di centralizzare il controllo dell'accesso e dei privilegi concessi agli utenti, garantendo così la sicurezza e la riservatezza dei dati presenti nel database del server.



L'architettura client-server elimina la necessità di spostare grandi blocchi di dati attraverso la rete per l'elaborazione locale su un PC. Il server controlla le richieste di dati e di elaborazione e, quindi, trasferisce solamente i dati richiesti per la macchina desktop. La macchina desktop poi si prende cura di presentare i dati in un modo facilmente comprensibile all'utente finale. Questo riduce il traffico di dati attraverso la rete, consentendo di essere utilizzata da più utenti.

Infine, l'architettura client-server riduce la manutenzione e i costi di gestione perché richiede bassi costi per la manutenzione dell'hardware e del software e consente di riutilizzare i sistemi già esistenti (l'aggiunta di vecchi PC alla rete globale aumenta il suo potere di calcolo).

L'uso della stessa interfaccia grafica è estremamente vantaggiosa, perché riduce drasticamente il tempo di apprendimento: i colori, le icone più famose, le finestre di dialogo che indicano le azioni da intraprendere, così come le barre con gli strumenti più comuni, permettono di risparmiare in termini di tempo e riduzione dei disagi durante la ricerca della funzione desiderata. In particolare, la piattaforma client si avvale del sistema operativo DOS 6,2 e di Windows per Workgroup 3,11.

## LE CARATTERISTICHE DEL DBMS

Uno dei servizi di base eseguito dal server è l'accesso alla banca dati: il cliente riceve una richiesta attraverso l'interfaccia utente, la sottopone al server che accede al database e, quindi, passa i relativi dati al client. Nell'architettura client-server, i database relazionali e il linguaggio SQL sono diventati lo standard.

Il DBMS adottato in questo progetto è il Microsoft SQL Server.

L'SQL Server è un sistema di gestione di database che, insieme con il sistema operativo NT, crea una potente piattaforma per l'ambiente di elaborazione client-server. Il suo sistema di gestione permette l'installazione, la configurazione e la gestione dell'SQL Server per mezzo di strumenti di grafica molto efficienti (Performance Monitor – Event Viewer - SQL Administrator - SQL Object Manager - SQL Service Manager).

## L'AMBIENTE STANDARD

Un punto di forza nella progettazione dell'architettura consiste nell'aver individuato le tecnologie che hanno permesso di caratterizzare il DSS come un sistema aperto, capace, cioè, di essere inter-operativo con altri sistemi. L'accesso ai dati è ottenuto attraverso la tecnologia ODBC (Microsoft Open Database Connectivity). Lo standard ODBC permette di creare applicazioni che siano trasparenti per quanto riguarda la fonte di dati, utilizzando un'interfaccia singola per i programmi applicativi (API). In questo modo, le difficoltà connesse alla codificazione delle componenti software e alla loro manutenzione, sono ridotte.

### *3.7.2. L'ELABORAZIONE REMOTA DELLE COMPONENTI ALGORITMICHE*

Si passa ora ad esaminare come è stato analizzato e risolto il requisito per l'attivazione asincrona dei processi di calcolo, per la loro comunicazione e sincronizzazione, considerando la versione del DSS nota come SIMPT1, la cui tecnologia informatica si riferisce a sistemi operativi e software di mercato in uso nei primi anni novanta.

Lo scambio di informazioni e di messaggi tra i vari processori appartenenti alla stessa rete locale può essere realizzata utilizzando diversi strumenti e/o prodotti disponibili sul mercato. Con riferimento a questo periodo (Server: Windows NT 3,1; Client: Windows per Workgroup 3,11; Protocollo di Rete di Trasporto: NetBIOS<sup>7</sup> su NetBEUI<sup>8</sup>), sono state esaminate le seguenti componenti:

---

<sup>7</sup> **Interfaccia NetBIOS (Network Basic Input/Output System).** Un interfaccia di programmazione che permette alle richieste di I/O di essere inviate e ricevute da un computer remoto. Nasconde hardware di rete dall'applicazione.

- Microsoft Remote Procedure Call (RPC);
- Windows Sockets Interface;
- Network Dynamic Data Exchange (NetworkDDE<sup>9</sup>);
- Named Pipes.

Dopo l'analisi di ciascuna di esse, in termini dei seguenti aspetti:

- la possibilità di utilizzarli in applicazioni commerciali;
- ambienti di supporto software;
- la possibilità di effettuare l'elaborazione asincrona servendosi di essi;

il campo di indagine è stato ridotto al NetworkDDE e al Named Pipes.

## NETWORK DYNAMIC DATA EXCHANGE

Lo strumento NetworkDDE consente lo scambio di informazioni tra le applicazioni residenti in diversi processori collegati da una rete. Il suo utilizzo è legato alla presenza dell'ambiente Windows per Workgroup ed è, quindi, possibile utilizzare tutti i servizi forniti da tale ambiente. La capacità di utilizzarlo all'interno di applicazioni commerciali è assicurata dal fatto che, se una applicazione commerciale può utilizzare un DDE, è possibile utilizzare NetworkDDE.

Attraverso NetworkDDE è possibile effettuare elaborazioni remote in modo asincrono. I programmi applicativi (residenti sia sul PC client che sull'NT Server) sono responsabili del

---

<sup>8</sup> **Interfaccia NetBIOS (Network Basic Input/Output System).** Un interfaccia di programmazione che permette alle richieste di I/O di essere inviate e ricevute da un computer remoto. Nasconde hardware di rete dall'applicazione.

<sup>9</sup> **Interfaccia NetBIOS (Network Basic Input/Output System).** Un interfaccia di programmazione che permette alle richieste di I/O di essere inviate e ricevute da un computer remoto. Nasconde hardware di rete dall'applicazione.

controllo del protocollo di dialogo che è in grado innescare l'elaborazione e darne notifica quando è terminata.

Named Pipes rappresenta uno strumento di scambio tra le varie applicazioni residenti su diversi processori disponibili in Windows per Workgroup. La creazione dei Named Pipes può essere fatta soltanto sul server; le applicazioni residenti sul PC client possono aprire, leggere e scrivere sulla Named Pipes, senza alcun limite sulla quantità di informazioni scambiate.

Le applicazioni commerciali che offrono interfacce per l'accesso ai file possono utilizzare il Named Pipes direttamente. In caso contrario, è necessario sviluppare DLL<sup>10</sup> ad hoc. Sono necessarie, anche, per l'attuazione di specifici software di gestione dei risultati dell'elaborazione nel quadro dell'applicazione commerciale. Un processamento remoto può essere fatto con la condizione che le applicazioni dirigono un protocollo di comunicazione che può innescare e dare la notifica quando è terminato. La soluzione tecnica per l'esecuzione dell'elaborazione remota della componente algoritmica del DSS richiede lo sviluppo di un compito, chiamato "Process Server", residente su un server NT, rappresentato schematicamente in figura 3.7.1:

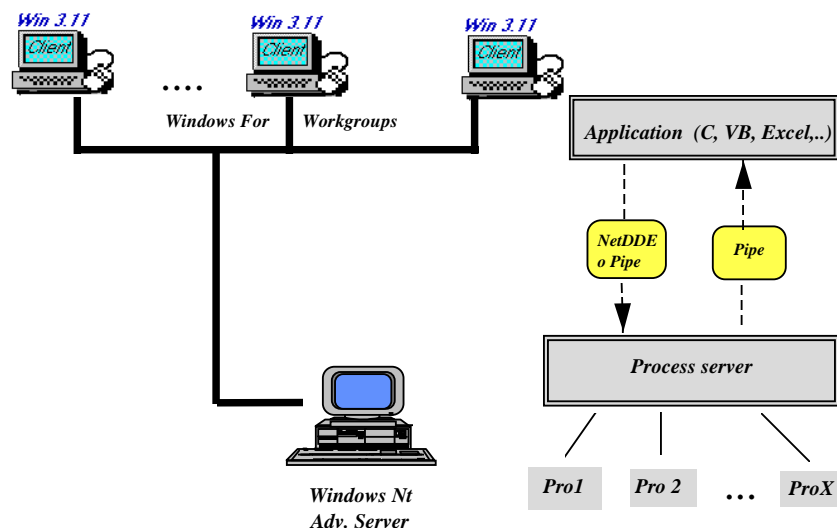


Figura 3.7.1 Elaborazione e scambio di dati tra PC

<sup>10</sup> **DLL (Dynamic Link Library)**. Un'interfaccia di programmazione delle applicazioni (API) di routine che le applicazioni in modalità utente accedono durante le chiamate delle procedure ordinarie. Il codice per l'API di routine non è incluso nell'immagine eseguibile dell'utente. Invece, il sistema operativo modifica automaticamente l'immagine eseguibile per indicare alle procedure DLL il run-time.

L'attività può essere considerata concettualmente come un "servizio", il che significa che è sempre attivo, in attesa di richieste di esecuzione di elaborazioni per mezzo di applicazioni residenti sul PC client. Queste richieste possono essere comunicate da NetworkDDE.

Quando il server riceve una richiesta di elaborazione da un PC client, crea un nuovo processo (ProX, nel sistema) utilizzando il "CreateProcess" API<sup>11</sup> in Win32 SDK, con i necessari parametri di input<sup>12</sup> (il nome del database, il nome della tabella che deve essere processata, ecc): ogni richiesta corrisponde alla creazione di un processo che richiede la procedura software per elaborare la richiesta. Il processo ProX, quando il processamento richiesto è concluso, comunica il risultato dell'elaborazione al Process Server tramite una transazione DDE di tipo POKE. Lo stesso Process Server passa questi risultati al client richiedente utilizzando Named Pipes. È bene notare che il messaggio potrebbe anche essere spedito con un NetDDE, ma, se la macchina client è impegnato in un calcolo lungo, dal momento che Windows 3,1 non è multi-tasking e il time-sharing, il messaggio potrebbe non essere intercettato.

Il software che rappresenta la componente algoritmica è disponibile sia sul PC client che sul Server NT; in questo modo, lo stesso utente può determinare l'elaborazione (sia locale che remota) di una o più componenti software associate alla sua richiesta. Questa scelta implica la necessità di disporre di moduli di fonti disponibili, che siano compatibili sia con i sistemi a 16 bit (dei PC client) che con i sistemi a 32 bit (dei Server NT).

La capacità di mantenere il sistema proposto è assicurata dalla messa a disposizione del Process Server di una tabella di corrispondenza tra il nome dei files eseguibili delle componenti algoritmiche e il nome della funzione associata riconosciuta dal PC client (e dall'utente del sistema); questa tabella di relazioni, insieme con i dati/ tabella del modello delle relazioni, costituisce la base di conoscenza (KB) del sistema di elaborazione, grazie al quale il codice è indipendente dalla struttura dei rapporti.

---

<sup>11</sup> **API (Application Programming Interface).** Un insieme di routine utilizzate da un programma applicativo per richiedere e ricevere servizi a basso livello dal sistema operativo.

<sup>12</sup> **SDK (Software Development Kit).** Uno strumento per la creazione di codici utilizzati dall'API.

Di conseguenza, qualsiasi inserimento di ulteriori funzioni, richiede solamente un aggiornamento del KB.

Il Process Server rende disponibili le funzioni per il monitoraggio e la gestione delle richieste di elaborazione, come ad esempio:

- fornire un elenco delle informazioni sulle richieste attive;
- consentire la connessione e disconnessione del servizio;
- consentire la gestione assistita della tavola di corrispondenza;
- fornire un ceppo degli errori, ecc.

Per gestire l'impatto che la "centralizzazione" della componente algoritmica dell'elaborazione ha sulle prestazioni del server sono state implementate funzioni ausiliarie, come ad esempio la visualizzazione della lista delle richieste dei client, mettendo in evidenza quelle che sono attive con le informazioni che le riguardano (data e ora della richiesta , stato del processamento, chi ha presentato la richiesta), la connessione e disconnessione del servizio, la gestione assistita dell'elenco dei modelli disponibili, e un insieme di errori.

## 4. I MODELLI DI DOMANDA PASSEGGERI DEL SIMPT

### 4.1. INTRODUZIONE

Nel presente capitolo vengono descritti i modelli di domanda passeggeri nazionale (non vengono in questo contesto prese in considerazione la domanda di scambio dei residenti in Italia e la domanda di scambio dei non residenti in Italia).

I modelli presentati in questo capitolo sono relativi a :

- domanda nazionale;
- possesso della patente;
- possesso di autovettura.

Per ciascun modello vengono forniti :

- la specificazione della forma funzionale del modello;
- la specificazione della forma funzionale dell'utilità attribuita a ciascuna alternativa di viaggio;
- la specificazione degli attributi inclusi nelle funzioni di utilità di cui innanzi;
- i valori dei coefficienti relativi agli attributi di cui al punto precedente;
- i valori delle statistiche comprovanti la significatività di ciascun attributo;
- il livello di disaggregazione, relativo a ciascun modello, descrivente la singola "unità decisionale" (individuo, famiglia, segmento mercato) a cui si riferisce;
- le possibili statistiche che consentono di valutare la capacità del modello di riprodurre le scelte osservate, ovvero dichiarate, dal campione.

Per quanto concerne il metodo di stima dei parametri, è stato usato quello di Massima Verosimiglianza, ad eccezione dei modelli di emissione per la domanda di scambio, per i quali si è adottato il metodo dei minimi quadrati.

Va osservato che i valori dei parametri possono essere soggetti in futuro a variazioni, anche a seguito di confronto dei risultati delle procedure di stima dei flussi con i valori sperimentali derivanti da conteggi di traffico.

Infine, nel paragrafo 4.7, vengono riportati una serie di dati utili all'implementazione dei modelli di domanda descritti nel rapporto "SISD Domanda di trasporto passeggeri - Modelli invernali". Inoltre vengono riassunte le procedure adottate per il calcolo degli attributi di livello di servizio.



## 4.2. LA STIMA DELLA DOMANDA PASSEGGERI

### *4.2.1. ARTICOLAZIONE DEI MODELLI DI DOMANDA PASSEGGERI*

I modelli adottati si differenziano in funzione del tipo di mobilità a cui si riferiscono (mobilità interna e mobilità da e verso l'estero) e del periodo dell'anno (modelli estivi e modelli invernali). In particolare, i motivi di viaggio ed i modi di viaggio presi in considerazione nei modelli di domanda passeggeri si differenziano in funzione del tipo di mobilità e del periodo dell'anno.

Un'ulteriore articolazione temporale dei modelli di domanda passeggeri per i residenti è considerata all'interno della settimana: verranno prodotte matrici O/D che esprimono gli spostamenti nel giorno medio feriale (Lunedì - Venerdì) e matrici O/D che esprimono gli spostamenti nei giorni non lavorativi del fine settimana.

In tutti questi casi, comunque, il procedimento di calcolo della domanda passeggeri si sviluppa attraverso l'attivazione dei tre differenti modelli di emissione degli spostamenti, di distribuzione tra le zone di traffico e di scelta modale (vedi figura 4.2.1).

I modelli di domanda passeggeri relativi alle dimensioni di scelta suddette sono del tipo: disaggregato per unità decisionale, di utilità aleatoria, di scelta discreta. Il sistema di modelli adottato per la stima della matrice O/D è di tipo nested-logit multinomiale, con una struttura tale che il calcolo della probabilità relativo ad una determinata dimensione di scelta rende necessario il calcolo di variabili inclusive (Logsum) relative alla scelta immediatamente inferiore, come evidenziato dalla figura 4.2.1.

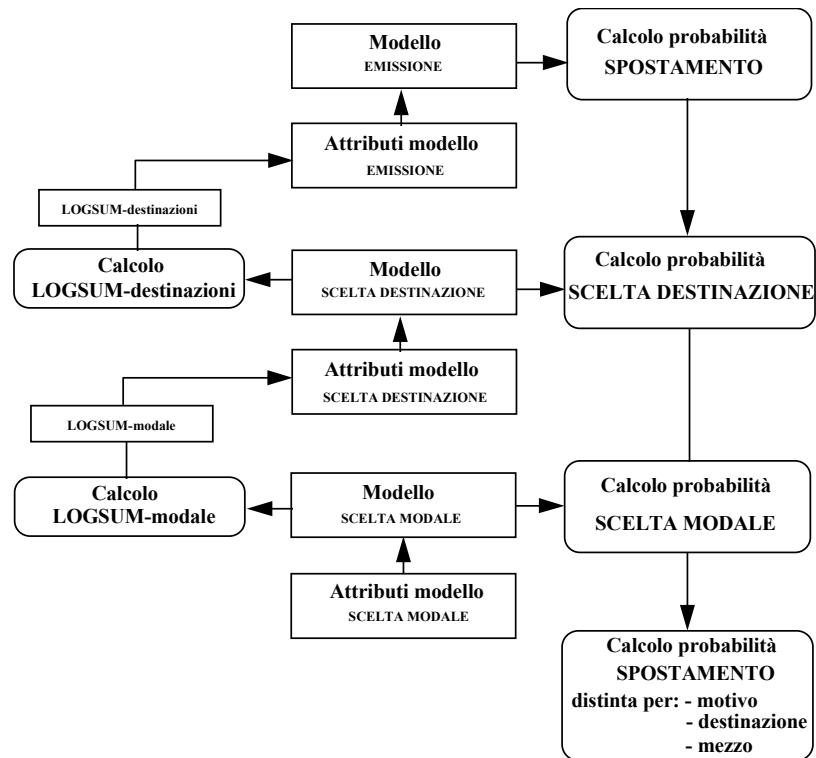


Figura 4.2.1. Rappresentazione a blocchi dei modelli e della loro interazione

La specificazione dei modelli prevede la disponibilità di attributi di varia natura che risultano significativi nel processo decisionale che sottende alle diverse dimensioni di scelta; questi attributi si riferiscono sia al servizio offerto dal sistema di trasporto (attributi di livello di servizio), sia alle caratteristiche socio-economiche e demografiche dell'intero "sistema di attività" (attributi socio-economici).

Il sistema dei modelli di domanda di trasporto passeggeri include, inoltre, il modello di possesso della patente auto (individuale) ed il modello di possesso dell'auto (familiare). Per i modelli di domanda estivi sono stati specificati un modello di stato in ferie ed un modello di stato in vacanza, condizioni propedeutiche per la individuazione dei motivi di spostamento compatibili.

Infine è previsto un modello di distribuzione oraria delle partenze e dei ritorni a casa esclusivamente per la domanda che usa il mezzo auto privata. Le specificazioni dei singoli modelli sono riportate nei documenti che descrivono i risultati della fase di identificazione e calibrazione dei modelli di domanda.

#### *4.2.1.1. Procedura di calcolo della domanda passeggeri*

L'approccio adottato (approccio sample enumeration) consiste nell'applicare i modelli di domanda di trasporto passeggeri ad un particolare campione di utenti rappresentativo dei comportamenti dell'insieme degli utenti del sistema dei trasporti (campione prototipale), simulandone il comportamento nel caso in cui esso fosse collocato in ciascuna delle zone di traffico nazionali.

Per ciascuna di queste zone devono poi essere calcolati dei "pesi di espansione" dei risultati campionari, che consentono di stimare la domanda espressa dall'intera popolazione residente nella zona.

Il campione è essenzialmente un campione di famiglie, che possono essere classificate in un certo numero di categorie sulla base di alcune variabili che caratterizzano i segmenti di mercato (ad esempio: classe di reddito familiare, numero dei componenti della famiglia, numero di occupati nella famiglia e relativa posizione professionale, numero studenti); oggetto di modellizzazione è il comportamento dei singoli individui appartenenti alle famiglie del campione.

Il principale vantaggio dell'approccio qui sinteticamente illustrato consiste nel consentire la modellizzazione dei comportamenti del singolo utente; in questo modo possono essere trattati attributi specifici dell'utente, giungendo a modellizzazioni più soddisfacenti del problema di scelta tra alternative rispetto alle modellizzazioni che si otterrebbero invece limitandosi a considerare gli attributi di categorie aggregate di utenti (che sono necessariamente un sottoinsieme degli attributi dell'utente).

In questa applicazione è stata utilizzata una procedura di espansione per la stima dei pesi di espansione relativi alle 72 classi omogenee di individui, determinate rispetto allo stato di attività e a caratteristiche della famiglia di appartenenza, dopo avere calcolato dei pesi di espansione relativi a 18 categorie di famiglie, determinate sulla base del numero dei componenti e della classe di reddito.

Si tratta di un approccio fondato su un metodo di bilanciamento matriciale, applicato a due differenti stadi.

#### 4.2.1.2. Approccio sample enumeration

Sulla base della specificazione dei modelli di domanda passeggeri visti in precedenza è stata impostata una articolazione della procedura che ha lo scopo di ottimizzare le operazioni di calcolo e di memorizzazione dei risultati intermedi.

In particolare, si è predisposto uno schema secondo il quale il calcolo delle probabilità di emissione viene effettuato per ciascuno degli individui del campione appartenenti a ciascuna delle 72 categorie di utente  $u_h$  ( $h=1,2,..., 72$ ) per le quali vengono calcolati i pesi di espansione.

Ciascuna di queste categorie di utente  $u_h$  si distribuisce su una delle 6 classi di utente  $u_k$  ( $k=1,2,...,6$ ) utilizzata per i modelli di scelta modale e di distribuzione.

La sequenza di calcolo ipotizzata è descritta di seguito.

$\forall$  zona origine ( $O$ )

$\forall$  motivo ( $s$ )

$\forall$  classe di utente ( $u_k$ )

$\forall$  zona di destinazione ( $D$ )

$\forall$  fascia di costo ( $c$ )

$\forall$  modo disponibile  $m$ , funzione del motivo e della coppia  $O / D$  ( $m \in M_{s,O/D}$ )

calcolo dell'utilità sistematica del modo  $m$ :  
 $VMODO_{OD}^C(s, u_k)$

next modo ( $m$ )

calcolo del LOGSUM modale per la fascia di costo  $c$ :  
 $Y_{OD}^C(s, u_k)$

calcolo della probabilità di scelta di ciascun modo  $m$  per  
la fascia di costo  $c$ :  $p(MODO^c / O, D, s, u_k)$

next fascia di costo ( $c$ )

calcolo del LOGSUM modale:  $Y_{OD}(s, u_k)$

calcolo della probabilità di scelta di ciascun modo  $m$ :  
 $p(MODO^c / O, D, s, u_k)$

calcolo dell'utilità sistematica della destinazione  $D$ :  $VD_O(s, u_k)$

next destinazione ( $D$ )

calcolo del LOGSUM utilità destinazioni:  $Acc_O(s, u_k)$

calcolo della probabilità di scelta di ciascuna destinazione  $D$ :  
 $p(D / O, s, u_k)$

next classe di utente ( $u_k$ )

$\forall$  classe di utente ( $u_h$ )

$\forall$  classe di utente ( $u_k$ )

$\forall$  utente  $u \in u_k \cap u_h$

$\forall$  alternativa di scelta  $t$  ( $t = 0$  tour,  $n$  tour,  $+n$  tour)

calcolo dell'utilità sistematica di effettuare  $t$  tour:

$VTOUR_O(s, u \in u_k \cap u_h)$

next  $t$

calcolo della probabilità di effettuare  $t$  tour ( $\forall t$ ):

$p(TOUR / O, s, u \in u_k \cap u_h)$

next utente  $u \in u_k \cap u_h$

calcolo della probabilità di effettuare  $t$  tour ( $\forall t$ ) per gli utenti

$u \in u_k \cap u_h$

$$p(TOUR / O, s, u_k, u_h) = \frac{1}{n_{u_{kh}, se}} \sum_{u \in u_k \cap u_h} p(TOUR / O, s, u \in u_k \cap u_h)$$

dove  $n_{u_{kh}, se}$  costituisce la numerosità campionaria degli utenti

$u \in u_k \cap u_h$  utilizzati nel sample enumeration

calcolo del numero di spostamenti effettuati nel periodo di riferimento specifico di ciascuno dei due periodi (invernale: due settimane, estivo: giorno) dagli utenti della zona  $O$  appartenenti alla categoria  $u_k \cap u_h$  per il motivo  $s$  con ciascuno dei modi  $m$  verso ciascuna destinazione  $D$ :

$$D_{O,D}(s, m, u_k, u_h) = \sum_{\substack{TOUR=0, n, > n\_per\_l'inverno \\ TOUR=0, 1\_per\_l'estate}} \varepsilon_0(u_h) * n_{u_{kh}, esp} * TOUR * p(TOUR / O, s, u \in u_k \cap u_h) * \\ * p(D / O, s, u_k) * p(MODO^C / O, D, s, u_k)$$

Nel caso invernale si ha:

$n=2,56$ ;  $> n=10,61$  per il motivo lavoro posto fisso

$n=1$ ;  $> n=3,41$  per il motivo altri motivi di lavoro

$n=1$ ;  $> n=4,25$  per il motivo altri motivi di lavoro

$n=1$ ;  $> n=2,56$  per il motivo altri motivi di lavoro

$n=1$ ;  $> n=3,25$  per il motivo altri motivi di lavoro

dove  $n_{u_{kh}, esp}$  costituisce la numerosità campionaria degli utenti

$u \in u_k \cap u_h$  utilizzati nella procedura di espansione (si tratta di una matrice di dimensioni  $D * m$ , per ciascuna categoria di utente  $u_k \cap u_h$ , motivo  $s$ , origine  $O$ )

next categoria di utente  $u_k$

calcolo del numero di spostamenti effettuati nel periodo di riferimento tipico di ciascuno dei due periodi (invernale, estivo) dagli utenti della zona  $O$  appartenenti alla  $u_h$  per il motivo  $s$  con ciascuno dei modi  $m$  verso ciascuna destinazione  $D$  :

$$D_{O,D}(s,m,u_h) = \sum_{u_k} D_{O,D}(s,m,u_k,u_h)$$

(si tratta di una matrice di dimensioni  $D*m$ , per ciascuna categoria di utente  $u_h$ , motivo  $s$ , origine  $O$ )

next classe di utente ( $u_h$ )

calcolo del numero di spostamenti effettuati nel periodo di riferimento tipico di ciascuno dei due periodi (invernale, estivo) dagli utenti della zona  $O$  con ciascuno dei modi  $m$  verso ciascuna destinazione  $D$  (si tratta di una matrice di dimensioni  $D*m$ , motivo  $s$ , origine  $O$ )

$$D_{O/D}(s,m) = \sum_{u_h} D_{O,D}(s,m,u_h)$$

calcolo del numero di spostamenti di andata effettuati nel giorno medio feriale di ciascuno dei due periodi (invernale, estivo) dagli utenti della zona  $O$  con ciascuno dei modi  $m$  verso ciascuna destinazione  $D$

$$D_{O/D,f, and}(s,m) = D_{O/D}(s,m) * \mu_{f, and}(s)$$

calcolo del numero di spostamenti di andata effettuati nella domenica media di ciascuno dei due periodi (invernale, estivo) dagli utenti della zona  $O$  con ciascuno dei modi  $m$  verso ciascuna destinazione  $D$

$$D_{O/D,d, and}(s,m) = D_{O/D}(s,m) * \mu_{d, and}(s)$$

calcolo del numero di spostamenti di ritorno effettuati nel giorno medio feriale di ciascuno dei due periodi (invernale, estivo) dagli utenti della zona  $O$  con ciascuno dei modi  $m$  da ciascuna destinazione  $D$

$$D_{O/D,f,rit}(s,m) = D_{O/D}(s,m) * \mu_{f,rit}(s)$$

calcolo del numero di spostamenti di ritorno effettuati nella domenica media di ciascuno dei due periodi (invernale, estivo) dagli utenti della zona  $O$  con ciascuno dei modi  $m$  da ciascuna destinazione  $D$

$$D_{O/D,d,rit}(s,m) = D_{O/D}(s,m) * \mu_{d,rit}(s)$$

next motivo (  $s$  )

next zona origine (  $O$  )

#### 4.2.1.3. Campione prototipale

Il campione di individui che è stato utilizzato nella procedura sample enumeration (modello di emissione) è di circa 3000 individui mentre quello che è stato utilizzato nella procedura di espansione è di circa 7000 individui.

Ciò viene fatto per tenere conto della rappresentatività rispetto alle variabili non controllate dalla procedura di espansione. Nell'applicazione del sample enumeration,  $n_{hk,se}$  è la numerosità degli individui della classe  $u_{hk}$  appartenenti ai 3000 individui. Nel calcolo della matrice O/D,  $n_{hk,esp}$  è la numerosità degli individui della classe  $u_{hk}$  appartenenti ai 7000 individui considerati nella procedura di espansione qui sotto riportata.

I passi della procedura di espansione da campione popolazione sono i seguenti:



1. costruzione della distribuzione delle famiglie del campione rispetto alle variabili:

- fasce di reddito (3),
- numero di componenti della famiglia (6);

in questo modo si ottiene per ciascuna categoria di famiglia  $CF_{fr,nc}$  la numerosità campionaria  $nCF_{fr,nc}$ .

2. calcolo del rapporto tra numero delle famiglie nella zona  $O$  e numero delle famiglie nel campione; tale rapporto viene definito fattore di espansione indistinto.

3. calcolo della numerosità stimata di ciascuna categoria di famiglia  $CF_{fr,nc}$  nella zona  $O$ , moltiplicando  $nCF_{fr,nc}$  per il fattore di espansione indistinto.

4. disponendo delle distribuzioni marginali delle famiglie della zona  $O$  rispetto alle fasce di reddito e rispetto al numero di componenti e utilizzando un metodo "proportional fitting" si ottiene una nuova stima della numerosità di ciascuna categoria di famiglia  $CF_{fr,nc}$  nella zona  $O$ .

5. utilizzando le numerosità stimate al punto precedente calcolo del fattore di espansione specifico di ciascuna categoria di famiglia  $CF_{fr,nc}$  nella zona  $O$ ; il fattore di espansione specifico delle categorie di famiglie con più di 5 componenti viene corretto mediante il rapporto tra numero medio di componenti delle famiglie con più di 5 componenti nella zona  $O$  e numero medio di componenti delle famiglie con più di 5 componenti nel campione.

6. utilizzando il fattore di espansione specifico e le frequenze campionarie di ciascuna famiglia appartenente ad ogni categoria di famiglia  $CF_{fr,nc}$  si ottiene una stima iniziale del contributo di ciascuna categoria di famiglia  $CF_{fr,nc}$  alle variabili:

- occupato alto;
- occupato basso;

- studenti;
  - altri componenti  $\geq 14$ ;
  - componenti  $< 14$ .
7. raggruppando le categorie di famiglia  $CF_{fr,nc}$  rispetto al numero dei componenti si ottiene una stima iniziale del contributo di ciascuna categoria di famiglia  $CF_{\bullet,nc}$  alle variabili:
- occupati livello alto;
  - occupati livello basso;
  - studenti;
  - altri componenti  $\geq 14$ ;
  - componenti  $< 14$ ;
8. disponendo delle distribuzioni marginali degli individui della zona  $O$  rispetto allo stato di attività (occupati livello alto, occupati livello basso, studenti, altri individui  $\geq 14$ , individui  $< 14$ ), calcolando la distribuzione degli individui rispetto al numero di componenti della famiglia di appartenenza e utilizzando un metodo "proportional fitting" si ottiene una nuova stima del contributo di ciascuna categoria di famiglia  $CF_{\bullet,nc}$  alle variabili:
- occupati livello alto;
  - occupati livello basso;
  - studenti;
  - altri componenti  $\geq 14$ ;
  - componenti  $< 14$ ;
9. raggruppando le categorie di famiglia  $CF_{fr,nc}$  rispetto alla fascia di reddito della famiglia si ottiene una stima iniziale del contributo di ciascuna categoria di famiglia  $CF_{\bullet,nc}$  alle variabili:

- occupati livello alto;
- occupati livello basso;
- studenti;
- altri componenti  $\geq 14$ ;
- componenti  $< 14$ ;

10. disponendo delle distribuzioni marginali degli individui della zona  $O$  rispetto allo stato di attività (occupati livello alto, occupati livello basso, studenti, altri individui  $\geq 14$ , individui  $< 14$ ), calcolando la distribuzione degli individui rispetto alla fascia di reddito della famiglia di appartenenza e utilizzando un metodo "proportional fitting" si ottiene una nuova stima del contributo di ciascuna categoria di famiglia  $CF_{fr,nc}$  alle variabili:

- occupati livello alto;
- occupati livello basso;
- studenti;
- altri componenti  $\geq 14$ ;
- componenti  $< 14$ ;

11. costruzione della matrice che descrive la distribuzione degli occupati di fascia alta rispetto al numero di componenti e alla fascia di reddito della famiglia di appartenenza, inizializzandola con i corrispondenti valori estratti dalla matrice ottenuta al punto 6.

12. utilizzando le distribuzioni marginali ottenute al punto 8 e al punto 10, con un metodo proportional fitting si ottiene una stima finale della distribuzione degli occupati di fascia alta rispetto al numero di componenti e alla fascia di reddito della famiglia di appartenenza.

13. costruzione della matrice che descrive la distribuzione degli occupati di fascia bassa rispetto al numero di componenti e alla fascia di reddito della famiglia di appartenenza, inizializzandola con i corrispondenti valori estratti dalla matrice ottenuta al punto 6.

14. utilizzando le distribuzioni marginali ottenute al punto 8 e al punto 10, con un metodo proportional fitting si ottiene una stima finale della distribuzione degli occupati di fascia bassa rispetto al numero di componenti e alla fascia di reddito della famiglia di appartenenza.
15. costruzione della matrice che descrive la distribuzione degli studenti rispetto al numero di componenti e alla fascia di reddito della famiglia di appartenenza, inizializzandola con i corrispondenti valori estratti dalla matrice ottenuta al punto 6.
16. utilizzando le distribuzioni marginali ottenute al punto 8 e al punto 10, con un metodo proportional fitting si ottiene una stima finale della distribuzione degli studenti rispetto al numero di componenti e alla fascia di reddito della famiglia di appartenenza.
17. costruzione della matrice che descrive la distribuzione degli altri individui  $\geq 14$  anni rispetto al numero di componenti e alla fascia di reddito della famiglia di appartenenza, inizializzandola con i corrispondenti valori estratti dalla matrice ottenuta al punto 6.
18. utilizzando le distribuzioni marginali ottenute al punto 8 e al punto 10, con un metodo proportional fitting si ottiene una stima finale della distribuzione degli altri individui  $\geq 14$  anni rispetto al numero di componenti e alla fascia di reddito della famiglia di appartenenza.
19. raggruppando i risultati ottenuti ai punti 12, 14, 16, 18 si genera una matrice di struttura analoga a quella prodotta al punto 6 contenente le stime finali della distribuzione nella zona  $O$  degli individui  $\geq 14$  anni rispetto alla loro attività e rispetto alla dimensione e alla fascia di reddito del nucleo familiare di appartenenza.
20. calcolo del peso di espansione di ciascuna categoria di individui dividendo le stime finali della distribuzione nella zona  $O$  degli individui  $\geq 14$  anni rispetto alla loro attività e rispetto alla dimensione e alla fascia di reddito del nucleo familiare di appartenenza per i corrispondenti valori della analoga distribuzione campionaria; questi pesi di espansione, specifici per ciascuna delle 72 classi di utente e per ciascuna delle zone  $O$  sono indicati come  $\varepsilon_0(fr, nc, att)$ , dove:
  - $fr$  (fascia di reddito familiare) = alta, media, bassa;

- $nc$  (numero componenti famiglia) = 1, 2, 3, 4, 5, >5;
- $att$  (attività dell'individuo maggiore di 14 anni) = occupato fascia alta, occupato fascia bassa, studente, altro.

Si indichi con  $u_h$  ( $h=1,2,\dots, 72$ ) ciascuna di queste categorie di utente; in questo modo il peso di espansione verrà nel seguito espresso come  $\varepsilon_0(u_h)$ .

### 4.3. MODELLO DI POSSESSO PATENTE E MODELLO DI POSSESSO AUTO

Per ciascuno degli utenti del campione prototipale, citato in precedenza, viene calcolata la probabilità di possesso di patente e successivamente la probabilità che la famiglia a cui appartiene possieda nessuna, una o più di un'automobile.

Per la particolare forma dei modelli di possesso patente (individuale) e di possesso di auto (familiare) risulta necessario procedere nel modo seguente:

∀ tipo zona (zona urbanizzata/zona non urbanizzata)

    ∀ famiglia

        ∀ utente della famiglia

            calcolo della probabilità di possesso patente:

$$p_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{i=pat, nopat} \exp(V_i)}$$

            attivazione della generazione pseudo random dell'evento possesso patente

        next utente

    calcolo del numero di patenti presenti in famiglia

    calcolo della probabilità di possesso auto:

$$p_{na} = \frac{\exp(V_{na})}{\sum_{na=0,1,k} \exp(V_{na})}$$

    calcolo del n° di auto disponibili in famiglia:

        a) secondo la seguente formula:

$(p_0 * 0 + p_1 * I + p_2 * k, \quad k = \text{numero medio di auto per famiglie con più di 1 auto})$

oppure

b) si attiva la generazione pseudo random dell'evento possesso numero auto

next famiglia

next tipo zona.

#### 4.3.1. IL MODELLO DI POSSESSO DI PATENTE

La probabilità che un individuo sia in possesso di patente di guida viene calcolata con un modello del tipo logit binomiale sulle due alternative:

- possesso di patente (si);
- non possesso di patente (no).

L'espressione generale del modello è:

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^2 \exp(V_j)}$$

dove :

$$V_i = \sum_k \beta_k * X_{ki}$$

in cui:

$X_{ki}$  = valore del  $k$ -mo attributo per la alternativa  $i$

$\beta_k$  = coefficiente.

Le variabili adottate sono di carattere socio-economico caratterizzanti l'individuo e la famiglia di appartenenza.

La specificazione della funzione di utilità è:

$$V_{si} = \beta_1 * Eta18\_24 + \beta_2 * Eta24\_56 + \beta_3 * Occ + \beta_4 * Redm + \beta_5 * Reda$$

$$V_{no} = \beta_6 * Zondu + \beta_7 * Don18\_48 + \beta_8 * Don48 + \beta_9 * Nopat$$

in cui:

- $Eta18\_24 = 1\backslash 0$ ; 1 se l'utente ha un'età maggiore di 18 anni e minore od uguale ai 24 anni;
- $Eta24\_56 = 1\backslash 0$ ; 1 se l'utente ha un'età maggiore di 24 anni e minore od uguale ai 56 anni;
- $Occ = 1\backslash 0$ ; 1 se l'utente è occupato;
- $Redm = 1\backslash 0$ ; 1 se la famiglia dell'utente percepisce un reddito annuo lordo maggiore di 40 mil di Lire e minore od uguale a 80 mil di Lire;
- $Reda = 1\backslash 0$ ; 1 se la famiglia dell'utente percepisce un reddito annuo lordo maggiore di 80 mil;
- $Zondu = 1\backslash 0$ ; 1 se la zona in cui risiede l'utente può considerarsi densamente urbanizzata ( cap prov, zona area metropolitana, prov area mertop.);
- $Don18\_48 = 1\backslash 0$ ; 1 se l'utente è donna con età maggiore di 18 anni e minore od uguale a 48 anni;
- $Don48 = 1\backslash 0$ ; 1 se l'utente è donna con età maggiore di 48 anni;
- $Nopat$  = costante specifica dell'alternativa.

I coefficienti adottati e le relative statistiche di test ottenute in fase di calibrazione sono riportate nelle tabelle 4.3.1 e 4.3.2.





Tabella 4.3.1. Valori dei coefficienti  $\beta$ , della  $t$  di Student e del  $p$  quadro del modello di possesso patente

	$\beta_1$ <i>eta18_24</i>	$\beta_2$ <i>eta24_56</i>	$\beta_3$ <i>occ</i>	$\beta_4$ <i>redm</i>	$\beta_5$ <i>reda</i>	$\beta_6$ <i>zond</i>	$\beta_7$ <i>don18_48</i>	$\beta_8$ <i>don48</i>	$\beta_9$ <i>nopat</i>
$\beta$	-0.512	0.568	1.103	1.096	1.920	0.076	1.027	2.539	-1.609
t-student	-1.9	2.7	5.8	5.1	2.5	0.5	4.8	12.2	-7.2
$\rho^2$ 0.458									

Tabella 4.3.2. Valori dei coefficienti  $\beta$ , della  $t$  di Student e del  $p$  quadro del modello di possesso patente derivanti dalle interviste effettuate

	$\beta_1$ <i>eta18_24</i>	$\beta_2$ <i>eta24_56</i>	$\beta_3$ <i>occ</i>	$\beta_4$ <i>redm</i>	$\beta_5$ <i>reda</i>	$\beta_6$ <i>zond</i>	$\beta_7$ <i>don18_48</i>	$\beta_8$ <i>don48</i>	$\beta_9$ <i>nopat</i>
$\beta$	0.466	1.163	1.261	0.7293	1.479	0.159	1.287	2.387	-1.101
t-student	6.3	21	25.5	13.2	10.1	3.8	22.4	44.4	-22.5
$\rho^2$ 0.461									

#### 4.3.2. IL MODELLO DI POSSESSO DELL'AUTOVETTURA

Il modello è di tipo logit multinomiale con le tre alternative :

- non possesso di auto (1);
- possesso di una auto (2);
- possesso di due o più auto (3).

La probabilità che per una famiglia di certe caratteristiche socioeconomiche si verifichi l'*i*-esima alternativa è data da :

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^3 \exp(V_j)}$$

dove la funzione di utilità  $V_i$  è data da:

$$V_i = \sum_k \beta_k * X_{ki}$$

in cui le  $X_{ki}$  sono i valori delle  $k$  variabili relative alla singola alternativa  $i$  ed i  $\beta_k$  sono i coefficienti.

Le tre funzioni di utilità sono state così specificate:

$$V_1 = \beta_1 * Nocc + \beta_2 * Nstud + \beta_3 * Etacf35\_65 + \beta_4 * Noauto$$

$$V_2 = \beta_5 * Costoaut + \beta_6 * Npat$$

$$V_3 = \beta_5 * Costoaut + \beta_7 * Redm + \beta_8 * Reda + \beta_9 * Zondu$$

con:

- $Nocc$  = numero di persone occupate presenti in famiglia;
- $Nstud$  = numero studenti universitari presenti in famiglia;

- $Etacf35\_65 = 1 \setminus 0$ ; 1 se età del capo famiglia è maggiore di 35 anni e minore od uguale a 65 anni;
- $Noauto$  = costante specifica della prima alternativa e pari a 1;
- $Costoaut$  = costo fisso annuo per il possesso di autovetture, assunto pari a 3,6 mil-lire se riferito ad una sola auto e a 8,5 mil di lire se riferito a due o più auto e composto dalle voci:
  - ammortamento capitale;
  - assicurazione;
  - tassa possesso;
  - manutenzione straordinaria;
- $Npat$  = numero patentati presenti in famiglia;
- $Redm = 1 \setminus 0$ ; 1 se la famiglia ha un reddito lordo compreso tra 40 mil-lire e 80 mil-lire;
- $Reda = 1 \setminus 0$ ; 1 se la famiglia ha un reddito lordo maggiore di 80 mil-lire;
- $Zondu = 1 \setminus 0$ ; 1 se la zona in cui risiede l'utente può considerarsi densamente urbanizzata (capoluogo di provincia, zona area metropolitana, provincia area metropolitana).

I coefficienti adottati e le relative statistiche di test ottenute in fase di calibrazione sono riportate nelle tabelle 4.3.3 e 4.3.4.

Tabella 4.3.3. Valori dei coefficienti  $\beta$ , della  $t$  di Student e del  $p$  quadro del modello di possesso autovettura

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$	$\beta_9$
	<i>Nocc</i>	<i>Nstud</i>	<i>Etacf35_65</i>	<i>Noauto</i>	<i>Costaut</i>	<i>Npat</i>	<i>Redm</i>	<i>Reda</i>	<i>Zondu</i>
$\beta$	-1.306	-1.124	-0.833	-1.020	-0.106	0.674	1.210	2.471	-0.290
t-student	-6.0	4.9	-2.6	-4.5	-3.1	8.7	6.20	3.2	-1.5
$\rho^2$	0.31								
Likeh.	-514.1								

Tabella 4.3.4. Valori dei coefficienti  $\beta$ , della  $t$  di Student e del  $p$  quadro del modello di possesso autovettura derivanti dalle interviste effettuate

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$	$\beta_9$
	<i>Nocc</i>	<i>Nstud</i>	<i>Etacf35_65</i>	<i>Noauto</i>	<i>Costaut</i>	<i>Npat</i>	<i>Redm</i>	<i>Reda</i>	<i>Zondu</i>
$\beta$	-1.464	-0.059	-1.229	-1.159	-0.4226	1.045	.3595	1.789	-0.511
t-student	t-student	-1.7	-13.3	-16.6	-31.3	37.2	14.5	9.5	-8.7
$\rho^2$	0.38								
Likeh.	-5793								

## 4.4. DOMANDA PASSEGGERI NAZIONALE: MODELLI INVERNALI

### 4.4.1. INTRODUZIONE

Il sistema di modelli permette di simulare la mobilità interna dei residenti in Italia per i seguenti motivi :

- lavoro posto fisso;
- altri motivi di lavoro;
- corsi universitari;
- tempo libero, turismo e vacanza;
- altri motivi.

Il sistema comprende, per ogni motivo:

- un modello di emissione che fornisce il numero medio giornaliero di spostamenti extraprovinciali;
- un modello di distribuzione spaziale;
- un modello di ripartizione modale;
- un modello di distribuzione temporale delle partenze e dei ritorni per fascia oraria ed uno relativo al tipo di giorno (feriale, sabato, domenica);
- un modello di scelta del percorso delle autovetture.

#### 4.4.2. IL MODELLO DI EMISSIONE DEGLI SPOSTAMENTI

Il numero di spostamenti emesso dalla singola zona di origine nel giorno medio feriale, di Sabato, di Domenica, nel caso di motivo diverso dal "lavoro posto fisso", è calcolato mediante una formulazione del tipo:

$$d_{o\bullet}(s)_w = N(o)_w * (p1(s/o)_w * 1 + p2(s/o)_w * \mu_2) * pgf(s)$$

dove:

- $d_{o\bullet}(s)_w$  rappresenta il numero totale di spostamenti con origine nella zona ( $o$ ) in un giorno feriale, di Sabato, di Domenica, effettuati da utenti di categoria  $w$  individuata dall'incrocio dei classificatori "fascia di reddito familiare lordo", "numero componenti famiglia", "condizione professionale";
- $p1(s/o)_w$  è la probabilità che un utente di categoria  $w$  effettui uno spostamento extra-provinciale per il motivo  $s$  dalla zona di origine  $o$  in due settimane;
- $p2(s/o)_w$  è la probabilità che un utente di categoria  $w$  effettui più di uno spostamento extra-provinciale per il motivo  $s$  dalla zona di origine  $o$  in due settimane;
- $\mu_2$  è il numero medio di spostamenti effettuati in due settimane quando se ne compiono più di uno;
- $N(o)_w$  è il fattore di espansione degli utenti di categoria  $w$  residenti nella zona di origine che dipende dalla procedura aggregazione : nel caso di uso del metodo della "sample enumeration"  $N(o)_w$  è il fattore di espansione delle persone di categoria  $c$  presenti nella zona  $o$ ;
- $pgf(s)$  è il fattore di riporto dal totale di spostamenti effettuati in due settimane a quelli compiuti per il motivo  $s$  in un giorno feriale, di Sabato, di Domenica (tabella 4.4.4).

Per il motivo "lavoro posto fisso" la  $p1(s/o)_w$  e la  $p2(s/o)_w$  rappresentano rispettivamente la probabilità di effettuare da 1 a 7 spostamenti e la probabilità di effettuare più di 7 spostamenti in due settimane. Pertanto il numero di spostamenti emesso dalla generica zona di traffico va calcolato utilizzando la:

$$d_{o\bullet}(s)_w = N(o)_w * (p1(s/o)_w * \mu_1 + p2(s/o)_w * \mu_2) * pgf(s)$$

dove:

- $d_{o\bullet}(s)_w$  rappresenta il numero totale di spostamenti con origine nella zona ( $o$ ) effettuati da utenti di categoria  $w$  in un giorno feriale ovvero di Sabato, di Domenica;
- $\mu_1$  è il numero medio di spostamenti effettuati in due settimane quando se ne compiono da uno a sette;
- $\mu_2$  è il numero medio di spostamenti effettuati in due settimane quando se ne compiono più di sette;
- $pgf(s)$  è il fattore di riporto dal totale di spostamenti effettuati in due settimane a quelli compiuti per il motivo lavoro in un giorno feriale, di Sabato, di Domenica (tabella 4.4.4).

Per ognuno dei motivi in esame si è individuata una categoria di utenti di riferimento: gli occupati per "lavoro posto fisso" e "altri motivi di lavoro", gli studenti universitari per "corsi universitari", le persone con età maggiore di 14 anni per "tempo libero e turismo" e "altri motivi".

Per poter calcolare le probabilità  $p1(s/o)_w$  e  $p2(s/o)_w$  si è specificato e calibrato, per ognuno dei motivi considerati, un modello di tipo logit sulle tre alternative:

- Non spostarsi (0);
- Compiere uno spostamento (1) (da 1 a sette);
- Compiere più di uno spostamento (2) (più di sette);



L'espressione generale del modello è:

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^3 \exp(V_j)}$$

dove:

$$V_i = \sum_k \beta_k * X_{ki}$$

in cui:

$X_{ki}$  = valore del  $k$ -mo attributo per la alternativa  $i$ ;

$\beta_k$  = coefficiente da calibrare.

Nella utilità sistematica compaiono attributi socioeconomici della persona e della famiglia, variabili di auto-attrazione della provincia di residenza e variabili di accessibilità della categoria  $c$ , relativa alla fascia di reddito familiare lordo e alla disponibilità auto, tramite le variabili inclusive delle scelte inferiori. Tutte le variabili adottate risultano significative se sottoposte al test di ipotesi t-Student.

Di seguito, tabella 4.4.1, si riporta per singolo motivo il numero medio di spostamenti per le tre classi di numerosità considerate nei modelli di emissione.

*Tabella 4.4.1. Numero medio di spostamenti per ogni categoria di utenti e sulle tre alternative del modello di emissione*

	>1	1-7	>7
LAVORO		2.56	10.61
ALTRI MOTIVI DI LAVORO	3.41		
STUDIO UNIVERSITARIO	4.25		
TEMPO LIBERO-TURISMO-VACANZA	2.56		
ALTRI MOTIVI	3.25		

Le tabelle 4.4.2 - 4.4.6 riportano per i singoli motivi la specificazione dei modelli adottati. In fondo ad esse sono riportati gli attributi facenti parte della funzione di utilità del modello descrivendo cosa rappresentano e quali valori possono assumere. La serie di tabelle 4.4.7 riportano per ogni motivo di spostamento il valore di coefficienti calibrati.

*Tabella 4.4.2. Componenti dell'utilità del modello di emissione per il motivo "Lavoro posto fisso"*

Motivo: *Lavoro posto fisso*

	<i>Addtot</i>	<i>mod1-7</i>	<i>mod7</i>	<i>Masc</i>	<i>Occa</i>	<i>Acc</i>
<b>0</b>	$\beta_1$					
<b>1-7</b>		$\beta_4$		$\beta_2$	$\beta_3$	
<b>&gt;7</b>			$\beta_6$	$\beta_8$	$\beta_7$	$\beta_5$

*Figura 4.4.3. Componenti dell'utilità del modello di emissione per il motivo "Affari"*

Motivo: *Affari*

	<i>Addsc</i>	<i>Acc</i>	<i>ReddA</i>	<i>Masc</i>	<i>Occa</i>	<i>Mod1</i>	<i>Mod2</i>
<b>0</b>	$\beta_1$						
<b>1</b>		$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	
<b>&gt;1</b>		$\beta_7$		$\beta_8$	$\beta_9$		$\beta_{10}$

Tabella 4.4.4. Componenti dell'utilità del modello di emissione per il motivo "Studio"

Motivo: *Studio*

	<i>Iscuni</i>	<i>Mod1</i>	<i>ReddA</i>	<i>Acc</i>	<i>Mod2</i>
<b>0</b>	$\beta_1$				
<b>1</b>		$\beta_2$	$\beta_3$		
<b>&gt;1</b>				$\beta_4$	$\beta_5$

Figura 4.4.5. Componenti dell'utilità del modello di emissione per il motivo "Studio"

Motivo: *Tempo libero e turismo*

	<i>Addtot</i>	<i>ReddB</i>	<i>Patent</i>	<i>Acc</i>	<i>Compfam</i>	<i>Mod1</i>	<i>Eta35</i>	<i>Occ</i>	<i>Mod2</i>
<b>0</b>	$\beta_1$	$\beta_2$							
<b>1</b>			$\beta_4$	$\beta_3$	$\beta_5$	$\beta_8$	$\beta_6$	$\beta_7$	
<b>&gt;1</b>			$\beta_{10}$	$\beta_9$	$\beta_{11}$		$\beta_{12}$		$\beta_{13}$

Tabella 4.4.6. Componenti dell'utilità del modello di emissione per il motivo "Studio"

Motivo: *Altri motivi*

	<i>Addsc</i>	<i>ReddB</i>	<i>Mod1</i>	<i>Patent</i>	<i>Acc</i>	<i>Mod2</i>	<i>Patent</i>	<i>Compf</i>
<b>0</b>	$\beta_1$	$\beta_2$						
<b>1</b>			$\beta_6$	$\beta_4$	$\beta_3$			$\beta_5$
<b>&gt;1</b>					$\beta_7$	$\beta_9$	$\beta_8$	$\beta_5$

**ReddA** = 0\1, 1 se il reddito familiare lordo è maggiore di 80 mil. di lire

**ReddB** = 0\1, 1 se il reddito familiare lordo è minore di 40 mil. di lire

**Addtot** = numero addetti della provincia di origine espressi in 1.000.000

**Addsc** = numero addetti servizi e commercio della provincia di origine espressi in 1.000.000

**Iscuni** = numero iscritti all'università della provincia di origine espressi in 1.000.000

**Masc** = 1\0; 1 se maschio

**Patent** = 1\0; 1 se patentato

**Eta35** = 1\0; 1 se età > 35 anni

**Compfam** = numero componenti della famiglia

**Occa** = 0\1; 1 se l'utente è occupato di posizione professionale imprenditore, libero professionista, dirigente, lavoratore autonomo

**Occ** = 0\1; 1 se l'utente è occupato

**Acc** = misura dell'accessibilità della zona origine (logsum modello di distribuzione)

**Mod1-7** = costante pari a 1 relativa all'alternativa spostamenti da 1 a 7

**Mod7** = costante pari a 1 relativa all'alternativa spostamenti più di 7

**Mod1** = costante pari a 1 relativa all'alternativa spostamenti pari a 1

**Mod2** = costante pari a 1 relativa all'alternativa spostamenti più di 1

Tabella 4.4.7. Serie di tabelle che riportano per ogni motivo il valore dei coefficienti  $\beta$ , la  $t$  di Student e il  $p$  quadro del modello di emissione

Lavoro posto fisso	$\beta$  $t$ -Student	$\beta_1$ <i>Addtot</i>	$\beta_2$ <i>Masc</i>	$\beta_3$ <i>Occa</i>	$\beta_4$ <i>Mod1-7</i>	$\beta_5$ <i>Acc2</i>	$\beta_6$ <i>Mod7</i>	$\beta_7$ <i>Occa</i>	$\beta_8$ <i>Masc</i>
		1.060	1.552	0.8432	-5.588	1.044	-5.056	-0.203	0.6503
		7.4	3.5	2.8	-13.0	9.9	-18.1	-1.2	3.9
OCC	$\rho^2$ 0.8208								

Altri motivi di lav.	$\beta$  $t$ -Student	$\beta_1$ <i>Addsc</i>	$\beta_2$ <i>Acc</i>	$\beta_3$ <i>RedA</i>	$\beta_4$ <i>Masc</i>	$\beta_5$ <i>Occa</i>	$\beta_6$ <i>Mod1</i>	$\beta_7$ <i>Acc</i>	$\beta_8$ <i>Masc</i>	$\beta_9$ <i>Occa</i>	$\beta_{10}$ <i>Mod2</i>
		0.4879	0.2255	0.5665	0.7599	1.004	-3.904	0.4372	0.9337	1.544	-4.735
		2.1	2.2	2.8	4.5	6.5	-20.6	3.6	4.7	9.1	-19.9
OCC	$\rho^2$ 0.7034										

Corsi universitari	$\beta$  $t$ -Student	$\beta_1$ <i>Iscuni</i>	$\beta_2$ <i>Mod1</i>	$\beta_3$ <i>ReddA</i>	$\beta_4$ <i>Acc</i>	$\beta_5$ <i>Mod2</i>
		12.69	-2.301	.7575	0.6429	-0.5298
		6.7	-9.2	2.2	4.1	-2.2
UNI	$\rho^2$ 0.6096					

turismo e vacanza TUTTI	$\beta$  $t$ - <i>Stud</i>  $\rho^2$ 0.65	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$	$\beta_9$	$\beta_{10}$	$\beta_{11}$	$\beta_{12}$	$\beta_{13}$
		<i>Addtot</i>	<i>ReddB</i>	<i>Acc</i>	<i>Patent</i>	<i>Compf</i>	<i>Eta35</i>	<i>Occ</i>	<i>Mod1</i>	<i>Acc</i>	<i>Patent</i>	<i>Compf</i>	<i>Eta35</i>	<i>Mod2</i>
		0.033	0.3410	0.3341	0.3513	-0.162	0.5674	0.244	- 2.803	0.4671	0.9262	-0.208	0.7071	-4.67
		0.5	4.1	7.3	2.91	-4.7	7..1	3.1	-15.1	6.0	3.6	-3.4	5.1	-13.9

Altri motivi TUTTI	$\beta$  $t$ - <i>Student</i>  $\rho^2$ 0.6348	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$	$\beta_9$
		<i>Addsc</i>	<i>Redb</i>	<i>Acc</i>	<i>Patent</i>	<i>Compf</i>	<i>Mod1</i>	<i>Acc</i>	<i>patent</i>	<i>Mod2</i>
		0.7665	0.3411	0.1466	0.2157	-0.1319	-2.222	0.6056	0.8153	-4.795
		5.7	3.3	2.61	1.6	-4.1	-10.3	5.9	3.0	-12.6

#### *4.4.3. I MODELLI DI DISTRIBUZIONE DELL'ORA DI PARTENZA*

In questo paragrafo viene presentato il modello di distribuzione non “spaziale” ma “temporale”. Come prima distribuzione si fa riferimento al tipo di giorno all'interno della settimana (paragrafo 4.4.3.1), ovverosia giorno festivo e giorno feriale, in quanto si ritiene che i motivi dello spostamento o comunque il comportamento dell'utente sia differente nei due casi. Il secondo step è quello di distribuire gli spostamenti per fasce orarie di una giornata (paragrafo 4.4.3.2). Ciò risulta essere molto interessante perché permette un'analisi focalizzata di fasce orarie di punta.

##### *4.4.3.1. Distribuzione delle partenze per tipo di giorno*

Sulla base dell'analisi campionaria dei dati disponibili si sono potute ottenere delle percentuali di ripartizione degli spostamenti per tipo di giorno all'interno della settimana. Nella tabella 4.4.8 sono riportati i modelli, di tipo descrittivo, relativi alle distribuzioni delle partenze dei viaggi di andata e di quelli di ritorno tra giorni feriali (totale da lunedì a venerdì), sabato e domenica per i motivi:

- lavoro posto fisso;
- altri motivi di lavoro;
- corsi universitari;
- tempo libero, turismo e vacanze;
- altri motivi.

Questi modelli consentono di ottenere la differenziazione tra giorno feriale e fine settimana, nonché di ottenere la distribuzione tra il sabato e la domenica.

Tabella 4.4.8 Fattore di riporto delle partenze al giorno tipo

<b>LAVORO POSTO FISSO</b>	<b>Feriali</b>	<b>Sabato</b>	<b>Domenica</b>	<b>media</b>
Andata	0.094	0.025	0.005	0.071
Ritorno	0.086	0.050	0.020	0.071
<b>ALTRI MOTIVI DI LAVORO</b>	<b>Feriali</b>	<b>Sabato</b>	<b>Domenica</b>	<b>media</b>
Andata	0.087	0.040	0.025	0.071
Ritorno	0.084	0.045	0.035	0.071
<b>CORSI UNIVERSITARI</b>	<b>Feriali</b>	<b>Sabato</b>	<b>Domenica</b>	<b>media</b>
Andata	0.090	0.040	0.010	0.071
Ritorno	0.087	0.045	0.020	0.071
<b>TEMPO LIBERO-TURISMO-VACANZE</b>	<b>Feriali</b>	<b>Sabato</b>	<b>Domenica</b>	<b>media</b>
Andata	0.034	0.160	0.170	0.071
Ritorno	0.026	0.095	0.275	0.071
<b>ALTRO</b>	<b>Feriali</b>	<b>Sabato</b>	<b>Domenica</b>	<b>media</b>
Andata	0.059	0.105	0.100	0.071
Ritorno	0.050	0.080	0.170	0.071



#### *4.4.3.2. Distribuzione delle partenze per fasce orarie*

Nelle tabelle 4.4.9 e 4.4.10 sono riportate le distribuzioni per fasce orarie e per fasce di distanza delle partenze dei viaggi di andata e di quelli di ritorno, sia per l'autovettura che per il trasporto collettivo per i motivi:

- lavoro posto fisso;
- altri motivi lavoro;
- tempo libero, turismo e vacanze;
- corsi universitari;
- altri motivi.

Nella generalità dei casi si sono adottate due classi di distanza: minore o uguale di 150 Km, maggiore di 150 Km. Per il motivo “tempo libero, turismo e vacanza” su autovettura, si è reso necessario considerare una terza fascia di distanza (maggiore di 400 Km) in quanto statisticamente si sono rilevate differenze di comportamento per spostamenti relativi a tratte comprese tra i 150 ed i 400 Km rispetto a viaggi compiuti su distanze maggiori di 400 Km; per i rimanenti motivi la distribuzione relativa a distanze maggiori di 400 Km va assunta coincidente con quella della seconda classe di distanza.

Tabella 4.4.9. Distribuzione delle partenze per fascia oraria : autovettura

ANDATA					RITORNO				
		<150 km	>150 km	>400 km			<150 km	>150 km	>400 km
LAVORO POSTO FISSO	6-9.30	0.78	0.67		LAVORO POSTO FISSO	6-9.30	0.02	0.17	
	9.30-13.30	0.05	0			9.30-13.30	0.13	0	
	13.30-16	0.01	0			13.30-16	0.17	0.25	
	16-18.30	0.02	0			16-18.30	0.44	0.50	
	18.30-22	0.01	0.08			18.30-22	0.20	0.08	
	22-6	0.13	0.25			22-6	0.04	0	
ALTRI MOTIVI DI LAV.	6-9.30	0.63	0.56		ALTRI MOTIVI DI LAV.	6-9.30	0.02	0.04	
	9.30-13.30	0.10	0.08			9.30-13.30	0.19	0.17	
	13.30-16	0.17	0.07			13.30-16	0.19	0.20	
	16-18.30	0.02	0.03			16-18.30	0.32	0.34	
	18.30-22	0.01	0.03			18.30-22	0.24	0.19	
	22-6	0.07	0.23			22-6	0.04	0.06	
CORSI UNIVER.	6-9.30	0.60	0.63		CORSI UNIVER.	6-9.30	0	0	
	9.30-13.3	0.12	0.13			9.30-13.30	0.36	0.12	
	13.30-16	0.12	0.12			13.30-16	0.14	0.24	
	16-18.30	0	0.12			16-18.30	0.26	0.13	
	18.30-22	0.10	0			18.30-22	0.18	0.38	
	22-6	0.06	0			22-6	0.06	0.13	
TEMPO	6-9.30	0.26	0.49	0.46	TEMPO	6-9.30	0.01	0.04	0.23
	9.30-13.3	0.22	0.16	0.15		9.30-13.30	0.06	0.08	0.31

<b>LIBERO</b>	<b>13.30-16</b>	0.27	0.13	0.06	<b>LIBERO</b>	<b>13.30-16</b>	0.11	0.22	0.21
<b>TURISMO</b>	<b>16-18.30</b>	0.07	0.09	0.04	<b>TURISMO</b>	<b>16-18.30</b>	0.31	0.34	0.04
<b>VACANZA</b>	<b>18.30-22</b>	0.13	0.05	0.02	<b>VACANZA</b>	<b>18.30-22</b>	0.34	0.25	0.13
	<b>22-6</b>	0.05	0.08	0.27		<b>22-6</b>	0.17	0.07	0.08
<b>ALTRI</b> <b>MOTIVI</b>	<b>6-9.30</b>	0.30	0.38		<b>ALTRI</b> <b>MOTIVI</b>	<b>6-9.30</b>	0.02	0.05	
	<b>9.30-13.3</b>	0.18	0.21			<b>9.3-13.30</b>	0.12	0.16	
	<b>13.30-16</b>	0.31	0.13			<b>13.30-16</b>	0.10	0.23	
	<b>16-18.30</b>	0.10	0.05			<b>16-18.30</b>	0.29	0.25	
	<b>18.30-22</b>	0.05	0.05			<b>18.30-22</b>	0.38	0.24	
	<b>22-6</b>	0.06	0.18			<b>22-6</b>	0.09	0.07	

Tabella 4.4.10. Distribuzione delle partenze per fasce orarie : trasporto collettivo

<b>ANDATA</b>			<b>RITORNO</b>		
<b>LAVORO</b> <b>POSTO</b> <b>FISSO</b>	<b>6-9.30</b>	0.67	<b>LAVORO</b> <b>POSTO</b> <b>FISSO</b>	<b>6-9.30</b>	0.05
	<b>9.3-13.30</b>	0		<b>9.30-13.30</b>	0.17
	<b>13.30-16</b>	0		<b>13.30-16</b>	0.25
	<b>16-18.30</b>	0.08		<b>16-18.30</b>	0.31
	<b>18.30-22</b>	0.03		<b>18.30-22</b>	0.19
	<b>22-6</b>	0.22		<b>22-6</b>	0.03
<b>ALTRI</b>	<b>6-9.30</b>	0.54	<b>ALTRI</b>	<b>6-9.30</b>	0.07
	<b>9.30-13.30</b>	0.15		<b>9.30-13.30</b>	0.13
	<b>13.30-16</b>	0.06		<b>13.30-16</b>	0.26

<b>MOTIVI DI LAV.</b>	<b>16-18.30</b>	0.06	<b>MOTIVI DI LAV.</b>	<b>16-18.30</b>	0.29
	<b>18.30-22</b>	0.03		<b>18.30-22</b>	0.22
	<b>22-6</b>	0.16		<b>22-6</b>	0.03
<b>CORSI UNIVER.</b>	<b>6-9.30</b>	0.69	<b>CORSI UNIVER.</b>	<b>6-9.30</b>	0
	<b>9.30-13.30</b>	0.14		<b>9.30-13.30</b>	0.41
	<b>13.30-16</b>	0.05		<b>13.30-16</b>	0.25
	<b>16-18.30</b>	0.03		<b>16-18.30</b>	0.24
	<b>18.30-22</b>	0.01		<b>18.30-22</b>	0.10
	<b>22-6</b>	0.08		<b>22-6</b>	0
<b>TEMPO LIBERO TURISMO VACANZA</b>	<b>6-9.30</b>	0.32	<b>TEMPO LIBERO TURISMO VACANZA</b>	<b>6-9.30</b>	0.07
	<b>9.30-13.30</b>	0.20		<b>9.30-13.30</b>	0.11
	<b>13.30-16</b>	0.17		<b>13.30-16</b>	0.16
	<b>16-18.30</b>	0.11		<b>16-18.30</b>	0.35
	<b>18.30-22</b>	0.05		<b>18.30-22</b>	0.23
	<b>22-6</b>	0.15		<b>22-6</b>	0.08
<b>ALTRI MOTIVI</b>	<b>6-9.30</b>	0.37	<b>ALTRI MOTIVI</b>	<b>6-9.30</b>	0.09
	<b>9.30-13.30</b>	0.19		<b>9.30-13.30</b>	0.22
	<b>13.30-16</b>	0.15		<b>13.30-16</b>	0.19
	<b>16-18.30</b>	0.07		<b>16-18.30</b>	0.28
	<b>18.30-22</b>	0.10		<b>18.30-22</b>	0.16
	<b>22-6</b>	0.12		<b>22-6</b>	0.06

#### 4.4.4. IL MODELLO DI DISTRIBUZIONE SPAZIALE

La frazione degli spostamenti generati dall'origine ( $o$ ) che si recano alla destinazione ( $d$ ) per utenti di categoria  $c$  è ottenuta con un modello di distribuzione, di tipo Logit Multinomiale:

$$p(d / os)_c = \frac{\exp(V_{od}^c)}{\sum_d \exp(V_{od}^c)}$$

in cui  $V_{od}$  è l'utilità sistematica per la destinazione ( $d$ ) a partire dall'origine ( $o$ ), combinazione lineare degli attributi della destinazione  $d$  considerata:

$$V_{od} = (\beta_1 Y_{odc} + \sum_2^m \beta_k Car) + \theta Att$$

Gli attributi utilizzati per la specificazione dei modelli di distribuzione sono classificabili in attributi di costo o di separazione, funzione della coppia O/D, attributi caratteristici della destinazione ed attributi di attrattività, funzione esclusivamente della destinazione.

In tutti i modelli gli attributi di costo sono presenti con la stessa specificazione funzionale, in particolare la variabile logsum delle utilità sistematiche connesse ai diversi modi di trasporto disponibili sulla relazione ( $o,d$ ):

$$Y_{odc} = \ln \sum_m \exp(V_{odm}^c)$$

in cui  $V_{odm}^c$  è l'utilità relativa al generico modo  $m$  sulla relazione ( $o,d$ ) per gli utenti di categoria  $c$ .

Per attributi caratteristici di destinazione ( $Car$ ) vanno intese quelle variabili di tipo booleano (1 / 0) che tendono a favorire o meno certe zone rispetto ad altre ( ad es. zona urbanizzata).

Gli attributi di attrattività ( $Att$ ) sono costituiti da quelle grandezze che descrivono la capacità attrattiva delle singole zone alternative in destinazione (numero addetti nei vari settori produttivi, popolazione, numero esercizi commerciali, ecc..). Al fine di minimizzare

l'incidenza dell'aleatorietà del modo con cui sono tracciati i confini delle singole zone, la variabile  $Att$  è stata esplicitata attraverso una particolare forma funzionale:

$$Att = \ln(M_1 + \sum_{n=2}^n \gamma_{n-1} M_n)$$

con  $M_i$  singola variabile di attrazione e con  $\gamma_i$  coefficienti di omogeneizzazione da calibrare con l'accortezza che risultino sempre positivi. Tale risultato è perseguibile adottando per i  $\gamma_i$  la particolare struttura:

$$\gamma_i = \exp(\lambda_i)$$

con i  $(\lambda_i)$  da calibrare senza vincolo alcuno, ottenendo così una espressione del tipo:

$$V_{od} = (\beta_1 Y_{odc} + \sum_{k=2}^h \beta_k Car) + \theta \ln(M_1 + \sum_{n=2}^h \exp(\lambda_{n-1}) M_n)$$

Nel caso del motivo “Lavoro posto fisso” non vanno considerate come alternative disponibili le zone che distano più di 200 Km dall’origine.

Nelle tabelle 4.4.10 sono riportati gli attributi considerati ed i valori dei relativi coefficienti, per i diversi motivi. A valle di queste sono anche riportati gli attributi facenti parte della funzione di utilità del modello descrivendo cosa rappresentano e quali valori possono assumere.

Tabella 4.4.10. Serie di tabelle che riportano per ogni motivo il valore dei coefficienti  $\beta$ , la  $t$  di Student e il  $p$  quadro del modello di distribuzione spaziale

LAVORO  POSTO FISSO	$\beta$  $t$ -Student  $\rho^2$ 0.4896	$\beta_1$ <i>Yodc</i>	$\beta_2$ <i>Regione</i>	$\beta_3$ <i>Areamet</i>	<i>Addser</i>	$\theta$
		1.496	2.010	0.5024	1.00	0.7686
		26.4	23.1	10.8		21.6

ALTRI MOTIVI  DI LAVORO	$\beta$  $t$ -Student  $\rho^2$ 0.2746	$\beta_1$ <i>Yodc</i>	$\beta_2$ <i>Regione</i>	$\beta_3$ <i>Capro</i>	<i>Addser</i>	$\theta$
		3.071	1.393	1.393	1.00	0.8736
		20.9	16.7	19.7		24.8

CORSI  UNIVERSITARI	$\beta$  $t$ -Student  $\rho^2$ 0.5715	$\beta_1$ <i>Yodc</i>	$\beta_2$ <i>Regione</i>	<i>Addser</i>	$\lambda_1$ <i>Iscuniv</i>	$\theta$
		1.209	0.8062	1.00	-0.5416	1.325
		13.2	4.7		-1.5	

TEMPO LIBERO  TURISMO  E VACANZA	$\beta$  $t\text{-Student}$  $\rho^2$ 0.3263	$\beta_1$  <i>Yodc</i>	$\beta_2$  <i>Regione</i>	$\lambda_1$  <i>Addser</i>	$\theta$  <i>Esertur</i>
		9.591	0.8902	1.00	1.903
		31.2	13		10.2
					16.4

ALTRI  MOTIVI	$\beta$  $t\text{-Student}$  $\rho^2$ 0.3212	$\beta_1$  <i>Yodc</i>	$\beta_2$  <i>Regione</i>	$\beta_3$  <i>Capro</i>	$\theta$  <i>Addser</i>
		11.91	1.355	0.4901	1.00
		26	17.1	8.7	
					17.4

Yodc = logsum utilità modali per categoria c (valore diviso 10)

Addeser = numero addetti ai servizi espressi in 1000.000

Esertur = numero esercizi turistici espressi in 1000.000

Iscuni = numero iscritti all'università espressi in 1.000.000

Regione = 0/1; 1 se lo spostamento è compiuto in ambito regionale

Areamet = 0/1; 1 se lo spostamento è diretto in un'area metropolitana

Capro = 0/1; 1 se lo spostamento è diretto in un capoluogo di provincia



#### 4.4.5. IL MODELLO DI RIPARTIZIONE MODALE

La frazione di spostamenti che scelgono il modo  $m$  per spostarsi dall'origine ( $o$ ) alla destinazione ( $d$ ) per un utente di categoria  $c$  (fascia reddito, numero auto possedute) è calcolata applicando un modello di tipo Logit Multinomiale:

$$p^c(m / o, s, d) = \frac{\exp(V_m^c)}{\sum_{\mu} \exp(V_{\mu}^c)}$$

in cui:

$$V_{\mu}^c = \sum_k (\beta_k * X_k)$$

è il valore della utilità sistematica del generico modo disponibile per recarsi dall'origine ( $o$ ) verso la destinazione ( $d$ ) per un utente di categoria  $c$ . I modi ed i servizi di trasporto considerati sono:

- auto;
- bus extra provinciale;
- aereo;
- treno "lento" (diretto , interregionale, espresso);
- treno intercity (o "veloce");
- treno notturno.

Il modo nave per i collegamenti con la Sardegna è inglobato nel modo auto o treno. Tale assunzione è effettuata tenendo conto che raramente, e solo per gli utenti il cui viaggio ha origine e termine nelle vicinanze dei porti di imbarco e sbarco, lo spostamento non è compiuto utilizzando anche e soprattutto altri mezzi (auto , treno), come è risultato anche dalle indagini campionarie (solo tre intervistati hanno dichiarato di avere usato la nave come mezzo esclusivo).

Nel caso del motivo “Lavoro p.f.” non vanno considerate le relazioni O/D con distanza su rete stradale maggiore di 200 Km ed inoltre non vanno rese disponibili le modalità “Treno veloce”, “Treno notturno”, “Aereo” su tutte le coppie O/D. Per gli altri motivi di spostamento le modalità “Treno notturno” ed “Aereo” non sono disponibili sulle relazioni O/D con distanza minore di 400 Km.

Per il motivo “Corsi universitari” non è stato possibile predisporre un modello specifico data la insufficiente quantità di interviste determinata dal peso ridotto di questo motivo rispetto agli altri, pertanto nella fase applicativa per questo motivo si adotteranno i coefficienti relativi al motivo “Lavoro posto fisso”.

Nelle tabelle 4.4.11-4.4.16, sono riportati gli attributi considerati per ciascun modo con i valori dei coefficienti, i relativi valori del test t-Student. A valle delle tabelle sono riportati gli attributi considerati nel modello di scelta modale.

Tabella 4.4.11. Componenti dell'utilità del modello di scelta modale per i motivi "Lavoro – Corsi universitari"

Motivo: Lavoro - Corsi universitari

	<i>Temviag</i>	<i>Taccegr</i>	<i>Costb</i>	<i>Costa</i>	<i>Dispauto</i>	<i>Dest.</i>	<i>Dist.</i>	<i>Ntrasbr</i>	<i>Trenol</i>	<i>Bus</i>
<b>AUTO</b>	$\beta_1$		$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$					
<b>TRENO L.</b>	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$	$\beta_9$	
<b>BUS EXTP.</b>	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$		$\beta_{10}$

Figura 4.4.12. Componenti dell'utilità del modello di scelta modale per i motivi "Altri motivi di lavoro – Turismo e vacanza – Altri motivi"

Motivo: Altri motivi di lavoro -Turismo e Vacanza - Altri motivi

	<i>Temviag</i>	<i>Taccegr</i>	<i>Costbas</i>	<i>Costma</i>	<i>Dispauto</i>	<i>Dest.</i>	<i>Dist.</i>	<i>Ntrasbr</i>	<i>Trenov</i>	<i>Trenol</i>	<i>Trenon</i>	<i>Aereo</i>	<i>Bus</i>
<b>AUTO</b>	$\beta_1$		$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$								
<b>TRENO LEN.</b>	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$		$\beta_{10}$			
<b>TRENO IC.</b>	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$	$\beta_9$				
<b>TRENO NOT</b>	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$			$\beta_{11}$		
<b>AEREO</b>	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$				$\beta_{12}$	
<b>BUS EXTP.</b>	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$					$\beta_{13}$

*Temviag* = tempo a bordo (decine di ore)

*Taccegr* = tempo di accesso e tempo di egresso all'uso dei modi collettivi (decine di ore)

*Costbas* = costo totale di viaggio se reddito familiare lordo è minore di 40 mil di lire, altrimenti 0 (centinaia di migliaia di lire)

*Costma* = costo totale di viaggio se reddito familiare lordo è maggiore di 40 mil di lire, altrimenti 0 (centinaia di migliaia di lire)

*Dispauto* = numero auto presenti in famiglia

*Dest.* = 0\1; 0 se la zona destinazione è capoluogo di provincia oppure provincia di area metrop.

*NTrasb* = numero trasbordi

*Dist* = distanziamento temporale medio (16/ num corse) (ore)

*Trenov* = costante pari a 1

*Trenol* = costante pari a 1

*Trenon* = costante pari a 1

*Aereo* = costante pari a 1

*Bus* = costante pari a 1

Tabella 4.4.13. Valore dei coefficienti  $\beta$ , la *t* di Student e il *p* quadro del modello di scelta modale per il motivo "Lavoro – Corsi universitari"

Motivo: Lavoro - Corsi universitari

	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$	$\beta_9$	$\beta_{10}$
	<i>Temviag</i>	<i>Taccegr</i>	<i>CostB</i>	<i>CostA</i>	<i>Dispauto</i>	<i>Dest</i>	<i>Dist</i>	<i>Ntrasbv</i>	<i>Trenol</i>	<i>Bus</i>
$\beta$	-53.60	-53.60	-88.38	-52.91	1.540	-3.617	-0.0708	0	3.978	3.519
<i>t-student</i>	-3.3	-3.3	-3.0	-2.2	1.7	-2.1	-1.8	-	1.7	1.5

Figura 4.4.14. Valore dei coefficienti  $\beta$ , la  $t$  di Student e il  $p$  quadro del modello di scelta modale per il motivo  
"Altri motivi di lavoro"

Motivo: Altri motivi di lavoro

	$\beta_1$ <i>Temviag</i>	$\beta_2$ <i>Taccegr</i>	$\beta_3$ <i>CostB</i>	$\beta_4$ <i>CostA</i>	$\beta_5$ <i>Disaut</i>	$\beta_6$ <i>Dest</i>	$\beta_7$ <i>Dist</i>	$\beta_8$ <i>Ntrasbv</i>	$\beta_9$ <i>Trenov</i>	$\beta_{10}$ <i>Trenol</i>	$\beta_{11}$ <i>Trenon</i>	$\beta_{12}$ <i>Aereo</i>	$\beta_{13}$ <i>Bus</i>
$\beta$	-12.01	-12.01	-9.08	-6.008	0	-1.0	-0,6	0	1.22	-0.6	6.8	11.05	0.103
$t$ - <i>student</i>	-2.1	-2.1	-2.4	-2.5	-	-	-1.8	-	2.9	-1.8	2.5	3.9	1.9

Tabella 4.4.15. Valore dei coefficienti  $\beta$ , la  $t$  di Student e il  $p$  quadro del modello di scelta modale per il motivo  
"Tempo libero e turismo"

Motivo: Tempo libero, turismo e vacanza

	$\beta_1$ <i>Temviag</i>	$\beta_2$ <i>Taccegr</i>	$\beta_3$ <i>CostB</i>	$\beta_4$ <i>CostA</i>	$\beta_5$ <i>Dispauto</i>	$\beta_6$ <i>Dest</i>	$\beta_7$ <i>Dist</i>	$\beta_8$ <i>Ntrasbv</i>	$\beta_9$ <i>Trenov</i>	$\beta_{10}$ <i>Trenol</i>	$\beta_{11}$ <i>Trenon</i>	$\beta_{12}$ <i>Aereo</i>	$\beta_{13}$ <i>Bus</i>
$\beta$	-7.01	-7.01	-8.75	-4.4	0.8	-0.75	-0.2	0	1.8	-0.705	5	8.07	0.51
$t$ - <i>student</i>	-1.8	-1.8	-2.3	-2.8	-1.6	-1.9	-1.9	-	2.5	-1.9	3.1	2.8	1.7

Tabella 4.4.16. Valore dei coefficienti  $\beta$ , la  $t$  di Student e il  $p$  quadro del modello di scelta modale per il motivo  
"Altri motivi"

Motivo: Altri motivi

	$\beta_1$ <i>Temviag</i>	$\beta_2$ <i>Taccegr</i>	$\beta_3$ <i>CostB</i>	$\beta_4$ <i>CostA</i>	$\beta_5$ <i>Dispauto</i>	$\beta_6$ <i>Dest</i>	$\beta_7$ <i>Dist</i>	$\beta_8$ <i>Ntrasbv</i>	$\beta_9$ <i>Trenov</i>	$\beta_{10}$ <i>Trenol</i>	$\beta_{11}$ <i>Trenon</i>	$\beta_{12}$ <i>Aereo</i>	$\beta_{13}$ <i>Bus</i>
$\beta$	-3.5	-3.5	-4.3	-2.8	0.2	-0.3	-0.1	0	0.7	-1.1	1.8	5.25	0.21
$t$ - <i>student</i>	-1.9	-1.9	-2.8	-2.4	-1.9	-1.8	-1.8	-	2.4	-2.1	3.4	2.5	1.8

#### 4.4.6. IL MODELLO DI SCELTA DEL PERCORSO

E' stato calibrato un modello di scelta del percorso su autovettura, di tipo logit multinomiale, che fornisce la probabilità di scelta dell'alternativa  $j$  tramite:

$$p(j) = \frac{\exp(V_j)}{\sum_k \exp(V_k)}$$

dove  $V_k$  è l'utilità sistematica della  $k$ -ma alternativa di percorso, espressa da una funzione del tipo:

$$V_k = \beta_1 t_k + \beta_2 c_k + \beta_3 d_k$$

dove :

- $t_k$  è il tempo di viaggio (in ore);
- $c_k$  è il costo (in migliaia di lire);
- $d_k$  è la distanza su autostrada (in km).

Si è imposto che i percorsi non si sovrappongano per oltre l'80%, con un tempo massimo di viaggio di  $\alpha$  % rispetto a quello minimo.

L'insieme di scelta comprende i due migliori percorsi per ciascuno dei seguenti criteri:

- minimo tempo
- minimo costo
- minima distanza
- massima percorrenza autostradale

A causa del ridotto numero di osservazioni, i motivi lavoro posto fisso e studio sono stati considerati congiuntamente. I modelli sono stati differenziati per viaggi inferiori e superiori a 150 Km.

Nella tabella 4.4.17 vengono riportati i valori dei coefficienti e statistiche di test facendo distinzione tra i diversi motivi dello spostamento e per le distanze di viaggio (< o > di 150 km).

*Tabella 4.4.17. Coefficienti  $\beta$  e  $p$  quadro del modello di scelta del percorso*

	viaggi minori di 150 Km				viaggi maggiori di 150 Km			
MOTIVO	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\rho_2$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\rho_2$
LAVORO	-0.19	-0.01	0.0022	0.005	-3.14	-0.073	0.0	0.07
E STUDIO	-0.3	-0.3	0.03		-3.8	-3.3		
ALTRI MOT	-1.06	0.0	0.0032	0.09	-2.81	-0.038	0.0127	0.06
DI LAVORO	-3.9		2.6		-3.7	-1.2	1.8	
T. LIBERO	-1.02	-0.03	0.0097	0.12	-1.75	-0.05	0.0074	0.04
TUR. E VAC.	-4.3	-2.9	3.8		-4.8	-2.8	1.9	
ALTRI	-1.12	-0.02	0.0083	0.1	-2.23	-0.034	0.0026	0.04
MOTIVI	-5.9	-2.4	4.00		-7.3	-2.4	0.9	

#### *4.4.7. DATI DI INPUT*

In questo paragrafo vengono riportati i dati di input che occorrono per il funzionamento dei modelli finora descritti in aggiunta di tutte le informazioni precedentemente discusse. Nel paragrafo 4.4.7.1 si esplicitano le percentuali di occupazione del mezzo “Auto” in quanto, come è stato detto, SIMPT contempla diversi stati di utilizzo del mezzo auto (autista o passeggero) a cui corrispondono differenti valori degli attributi della funzione di utilità. Nel paragrafo 4.4.7.2 la distribuzione percentuale appena menzionata viene suddivisa ulteriormente per fascia di distanza. Per quanto riguarda i mezzi “Aereo” ed “Nave” i paragrafi 4.4.7.3 e 4.4.7.4, rispettivamente, forniscono i valori degli attributi che li caratterizzano. Infine il paragrafo 4.4.7.5 si focalizza sulla componente monetaria dello spostamento con il trasporto pubblico fornendo la distribuzione percentuale di uso dei servizi ferroviari (prima e seconda classe) e titoli di viaggio (abbonamento).

##### *4.4.7.1. Distribuzione percentuale coefficienti di occupazione mezzo “Auto”*

Al fine di adottare come costo monetario sopportato dall’utente nell’impiego del mezzo auto un valore meno distante da quello effettivamente corrisposto, si è segmentata la domanda dei paganti in tre classi: quelli che viaggiano da soli, quelli che viaggiano in due, gli altri. Tale ripartizione genera tre diversi livelli di costo e quindi tre diverse probabilità di scelta dell’auto; probabilità che vanno poi mediate al fine di ottenere un valore unico. A tale scopo è necessario conoscere: la ripartizione tra paganti e rimborsati, la ripartizione percentuale dei paganti tra le tre classi di occupazione previste, il coefficiente di occupazione media per la classe “più di due persone”.

Le tabelle 4.4.18. e 4.4.19, riportano i valori richiesti relativamente alla domanda interna ricavati dalle indagini a domicilio ed a bordo effettuate durante la campagna di rilievi per la calibrazione dei modelli.



*Tabella 4.4.18. Coefficienti di occupazione auto e percentuali*

	<b>media</b>	<b>&gt; 2 occupanti</b>	<b>% 1 occ</b>	<b>% 2 occ</b>	<b>% &gt; 2 occ</b>
<b>lavoro posto fisso</b>	1.862	3	0.386	0.366	0.248
<b>altri motivi lavoro</b>	1.361	3.481	0.663	0.321	0.016
<b>corsi universitari</b>	1.632	3.616	0.61	0.24	0.15
<b>tempo Lib., tur, vac</b>	2.484	4.182	0.132	0.585	0.283
<b>altri motivi</b>	2.059	3.847	0.42	0.321	0.259

*Tabella 4.4.19. Percentuale spostamenti effettuati con rimborso*

	<b>% RIMBORSO</b>
<b>lavoro posto fisso</b>	0.186
<b>altri motivi lavoro</b>	0.587
<b>corsi universitari</b>	0
<b>tempo libero, turismo, vacanze</b>	0
<b>altri motivi</b>	0

#### 4.4.7.2. Distribuzione percentuale coefficienti di occupazione mezzo "Auto" per fascia di distanza

Al fine di poter consentire il passaggio dalle matrici O/D passeggeri su auto, stimate tramite i modelli di domanda, alle matrici O/D per veicoli, si è predisposto un sistema di modelli statistici volti a stimare l'occupazione media dei veicoli in funzione del motivo di viaggio e della distanza percorsa. Si sono adottate due fasce di distanza : minore uguale a 150 Km e maggiore di 150 Km.

Le tabelle 4.4.20 e 4.4.21, riportano i valori richiesti relativamente alla domanda interna ricavati dalle indagini a domicilio e a bordo decennali.

*Tabella 4.4.20. Coefficienti di occupazione auto e percentuali (spostamenti con distanza <= 150 km)*

	media	> 2 occupanti	% 1 occ	% 2 occ	% > 2 occ
<b>lavoro posto fisso</b>	1.627	3	0.554	0.266	0.180
<b>altri motivi lavoro</b>	1.167	3.785	0.867	0.114	0.019
<b>corsi universitari</b>	1.195	3.250	0.886	0.049	0.065
<b>tempo lib., tur., vac.</b>	2.292	4.288	0.149	0.659	0.192
<b>altri motivi</b>	1.974	3.802	0.459	0.300	0.241

Tabella 4.4.21. Coefficienti di occupazione auto e percentuali (spostamenti con distanza &gt;150 km)

	media	> 2 occupanti	% 1 occ	% 2 occ	% > 2 occ
<b>lavoro posto fisso</b>	2	3.255	0.113	0.797	0.090
<b>altri motivi lavoro</b>	1.556	3.656	0.559	0.371	0.070
<b>corsi universitari</b>	3.437	3.903	0.071	0.138	0.791
<b>tempo lib., tur., vac.</b>	3.224	4.058	0.072	0.299	0.629
<b>altri motivi</b>	2.599	4.029	0.165	0.458	0.377

#### 4.4.7.3. Calcolo attributi mezzo "Aereo"

I collegamenti indiretti, nazionali ed internazionali, che utilizzano un aeroporto di trasbordo, sono stati generati accoppiando i collegamenti diretti con i seguenti vincoli:

- distanza su rete stradale tra gli aeroporti origine e destinazione non inferiore a 400 km;
- trasbordo solo negli aeroporti di Milano Linate, Roma Fiumicino e Napoli, che rappresentano hubs strutturali nella rete dei collegamenti nazionali.

La frequenza del collegamento indiretto è pari alla minore delle frequenze dei collegamenti diretti. Il tempo di trasbordo  $t_{tr}$  sui collegamenti nazionali è ottenuto a partire dalla frequenza  $f_r$  del secondo collegamento diretto:

$$t_{tr} = \varphi \frac{16}{f_r}$$

dove 16 ore è il periodo convenzionale di operatività assunto per gli aeroporti e  $\varphi$  è un fattore di riduzione che tiene conto del coordinamento tra gli arrivi e le partenze, risultato in media  $\varphi = 0,23$ .

Per i collegamenti internazionali, che in questo contesto non vengono presi in considerazione, si è adottato un tempo di trasbordo pari a due ore.

Per le tariffe dei collegamenti nazionali indiretti, sono state utilizzate quelle riportate sugli orari ufficiali contenute nella tabella 4.4.22 nel caso di collegamenti indiretti non contenuti in tabella si è utilizzata la relazione:

$$P(\text{lire}) = 110.000 + 332 * \text{miglia}$$

ricavata con il metodo dei minimi quadrati su un insieme di prezzi di relazioni indirette.

Per i collegamenti internazionali diretti si sono utilizzate le tariffe da orario ufficiale con riferimento alla classe economica mentre per quelli indiretti si è impiegata la relazione:

$$P(\text{lire}) = 740000 + 198 * \text{miglia}$$

I costi così ricavati sono stati decurtati di una percentuale in funzione del motivo di viaggio per tenere conto delle offerte di sconto presentate dalle compagnie aeree:

- lavoro: 5%;
- vacanza: 20%;
- altro: 20%.

Tabella 4.4.22. Prezzi collegamenti aerei nazionali (1995)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<b>1 ALGHERO FERTILIA</b>		233	289	306	210	311		296		211	289	391	240	233		232	391		350	182	289	182	240	232	289	292
<b>2 ANCONA FALCONARA</b>	233		201		254	252	261	261		241	218	364	179	140	219	261	364	84	142	212	233	140	237	261	207	207
<b>3 BARI PALESE</b>	289	201		298	233		261	240	177	289	218	391	298		247	240	391			177	233	177	321	240	261	261
<b>4 BERGAMO</b>	306		298			321	262	321			321	425		269	252	321	425				321	230		321		
<b>5 BOLOGNA BORGO PAN.</b>	210	254	233			261	262	321			289	402		205	263	298	402				311	195		298		
<b>6 BRINDISI CASALE</b>	311	252		321	261		289	260	289	311	314	406	321		262	260	406			289	323	197	311	260	289	289
<b>7 CAGLIARI ELMAS</b>		261	261	262	262	289		265	233	240	288	391	262	211		182	391			239	308	182	269	182	311	298
<b>8 CATANIA FONTA. ROSS</b>	296	261	240	321	321	260	265		294	321			321	177	290					289		233	321		321	321
<b>9 FIRENZE PERETOLA</b>			177			289	233	294			289	369	197	140	219	265	369				289	140		265		
<b>10 GENOVA AEROPORTO</b>	211	241	289			311	240	321			311	393		240	270	289	393			214	311	207		289		
<b>11 LAMEZIA TERME AEROP.</b>	289	218	218	321	289	314	288		289	311			321		278					289		210	311		311	311
<b>12 LAMPEDUSA</b>	391	364	391	425	402	406	391		369	393			425	263	331	140				364		309	425		425	
<b>13 MILANO LINATE</b>	240	179	298			321	262	321	197		321	425		269	252	321	425	221	233	140	321	230		321	158	142

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
14 NAPOLI CAPODICHINO	233	140		269	205		211	177	140	240		263	269		219	158	263			142		140	298	158		
15 OLBIA COSTA SMERALDA		219	247	252	263	262		290	219	270	278	331	252	219		268	290			221	290	153	293	268	270	274
16 PALERMO PUNTA R.	232	261	240	321	298	260	182		265	289		140	321	158	268		140			261		205	321	140	321	321
17 PANTELLERIA	391	364	391	425	402	406	391		369	393			425	263	290	140				364		309	425	140	425	425
18 PERUGIA S.EGIDIO		84											221													
19 PESCARA AEROPORTO	350	142											233							281					293	281
20 PISA S.GIUSTO	182	212	177			289	239	289		214	289	364	140	142	221	261	364		281		289	142		261	225	214
21 R. CALABRIA AEROPORTO	289	233	233	321	311	323	308		289	311			321		290					289		233	311		311	311
22 ROMA FIUMICINO	182	140	177	230	195	197	182	233	140	207	210	309	230	140	153	205	309			142	233		237	205	207	207
23 TORINO	240	237	321			311	269	321			311	425		298	293	321	425				311	237		321		
24 TRAPANI BIRGI	232	261	240	321	298	260	182		265	289			321	158	268	140	140			261		205	321		321	321
25 TRIESTE	289	207	261			289	311	321			311	425	158		270	321	425		293	225	311	207		321		
26 VENEZIA TESSERA	292	207	261			289	298	321			311		142		274	321	425		281	214	311	207		321		

#### *4.4.7.4. Calcolo attributi mezzo "Nave"*

Il modo nave per i collegamenti con le Isole maggiori è inglobato nel modo auto o treno (ove disponibile).

Nella rete stradale sono stati inseriti una serie di archi marittimi schematizzanti i collegamenti via mare esistenti tra il continente e le due isole maggiori e tra le due isole maggiori stesse. Ad ognuno di tali archi sono stati associati una serie di attributi come distanza, velocità di percorrenza, costo di percorrenza, ricavati facendo riferimento al mezzo nave. In particolare:

- come distanza si è adottata la distanza via mare tra i due porti estremità dell'arco;
- come velocità un valore medio di 28 Km / ora desunto dalle velocità medie raggiunte dai mezzi in uso sulle tratte marittime maggiori;
- come costo quello relativo alla somma del costo d'imbarco di un'autovettura e di un passeggero con posto di "poltrona".

Agli archi di collegamento strada-porto è stato associato un tempo di percorrenza forfettario di 30 minuti rappresenta il tempo di imbarco o sbarco a seconda che l'arco sia percorso in accesso o in egresso al mezzo nave.

L'algoritmo di minimo costo generalizzato adottato per il calcolo degli attributi per coppia O/D ha scartato i percorsi marittimi in concorrenza con quelli terrestri ed aventi maggior costo. Sono così restati validi collegamenti Olbia - Civitavecchia, Villa San Giovanni - Messina, Cagliari – Palermo.

Nella rete ferroviaria è stato inserito l'arco Villa San Giovanni - Messina schematizzante il servizio traghetti espletato dalle Ferrovie dello Stato con imbarco del treno. Tale arco è percorso da tutte le linee che interessano i collegamenti tra il continente e la Sicilia. Ad esso è associata una distanza pari a quella intercorrente tra le stazioni di Villa San Giovanni e di Messina, ed un tempo di percorrenza comprensivo di quello necessario per le operazioni di imbarco e sbarco.

#### *4.4.7.5. Distribuzione percentuale di uso dei servizi ferroviari e titoli di viaggio*

Alla composizione del costo monetario dei vari servizi ferroviari presi in esame concorre la distribuzione dei titoli di viaggio utilizzati dall'utenza.

Nel caso dei modelli relativi alla domanda interna, per i servizi "lento" e "veloce" si è presa in considerazione la distribuzione tra i viaggiatori con biglietti ridotti (abbonamento settimanale, mensile, altra riduzione) e coloro che pagano il prezzo pieno. La quota di quest'ultima è stata ulteriormente ripartita tra coloro che usano titoli di prima e seconda classe. Per il servizio notturno si è ripartita la domanda tra coloro che utilizzano la prima classe, la seconda, il vagone letto.

Il costo del biglietto con riduzione è stato approssimato al 70% di quello del titolo di seconda classe. Il costo del biglietto del vagone letto è stato posto pari a quello del tipo "T2".

Nel caso dei modelli relativi alla domanda di scambio il servizio diurno è stato trattato alla stessa maniera dei servizi "lento" e "veloce" dei nazionali, così come il servizio notturno con il suo omologo.



Tabella 4.4.23. Distribuzione percentuale uso prima e seconda classe ed uso abbonamento

	VELOCE				LENTO				NOTTURNO		
	<400 KM		>400KM		< 400 KM		>400KM		>400KM		
	I CL	II CL	I CL	II CL	I CL	II CL	I CL	II CL	I CL	II CL	WL
LAV P.F.	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
AL.MO LAV	0.600	0.400	0.600	0.400	0.600	0.400	0.600	0.400	0.400	0.200	0.400
C. UNIV	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
TURISMO	0.400	0.600	0.500	0.500	0.400	0.600	0.400	0.600	0.150	0.100	0.750
ALTRI MOT.	0.300	0.700	0.350	0.650	0.300	0.700	0.200	0.800	0.150	0.100	0.750
	VELOCE				LENTO				NOTTURNO		
	<400 KM		>400KM		< 400 KM		>400KM		>400KM		
	I CL	II CL	I CL	II CL	I CL	II CL	I CL	II CL	I CL	I CL	
		RID SI		RID SI		RID SI		RID SI			
LAV P.F.		0.000		0.000		0.800		0.880			
AL.MO LAV		0.300		0.200		0.630		0.030			
C. UNIV		0.000		0.000		0.750		0.560			
TURISMO		0.150		0.250		0.050		0.310			
ALTRI MOT.		0.100		0.150		0.210		0.270			

## 5. UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE

### 5.1. INTRODUZIONE

Obiettivo di questo capitolo è l'applicazione ad un caso reale dei modelli finora descritti.

Sono stati così definiti differenti scenari di simulazione per analizzare il comportamento del sistema in termini di variazione della ripartizione modale degli spostamenti. Lo scenario di base preso in considerazione è costituito dalla domanda e dall'offerta di trasporto al 2005. Lo scenario tendenziale (BAU) al 2012 è caratterizzato dalla medesima offerta di base (infrastrutture e servizi presenti attualmente nel DSS) e da una crescita tendenziale della domanda di circa il 15% (stimata attraverso un tasso di crescita della domanda agganciato alla crescita prevista del PIL). Infine, lo scenario di progetto al 2012 è costituito dalla domanda tendenziale e dall'offerta di progetto al 2012, ottenuta aggiungendo all'offerta di base tutti gli interventi infrastrutturali progettati che si prevede siano ultimati e usufruibili al 2012 (a seguito dell'analisi del quadro programmatico di riferimento).

Nel paragrafo 5.2 viene definito lo scenario di simulazione, a seguito dell'analisi del quadro programmatico di riferimento, con gli interventi stradali e ferroviari che lo caratterizzano. Nel paragrafo 5.3, ai fini della modellizzazione sono state individuate l'area di studio (territorio nazionale), la relativa zonizzazione e il periodo temporale di riferimento (giorno medio feriale del periodo invernale); le caratteristiche socio-economiche e demografiche della popolazione facente parte dell'area di studio sono riportate nel paragrafo 5.4. La domanda e l'offerta di trasporto sono dettagliatamente descritte nei paragrafi 5.5. e 5.6. In particolare, è stata analizzata l'offerta di trasporto (strada e ferrovia) e definita la costruzione di quella futura. Infine nel paragrafo 5.7 vengono riportati sinteticamente i risultati e prodotte mappe tematiche che caratterizzano i dati di domanda aggregata per regione e zona.

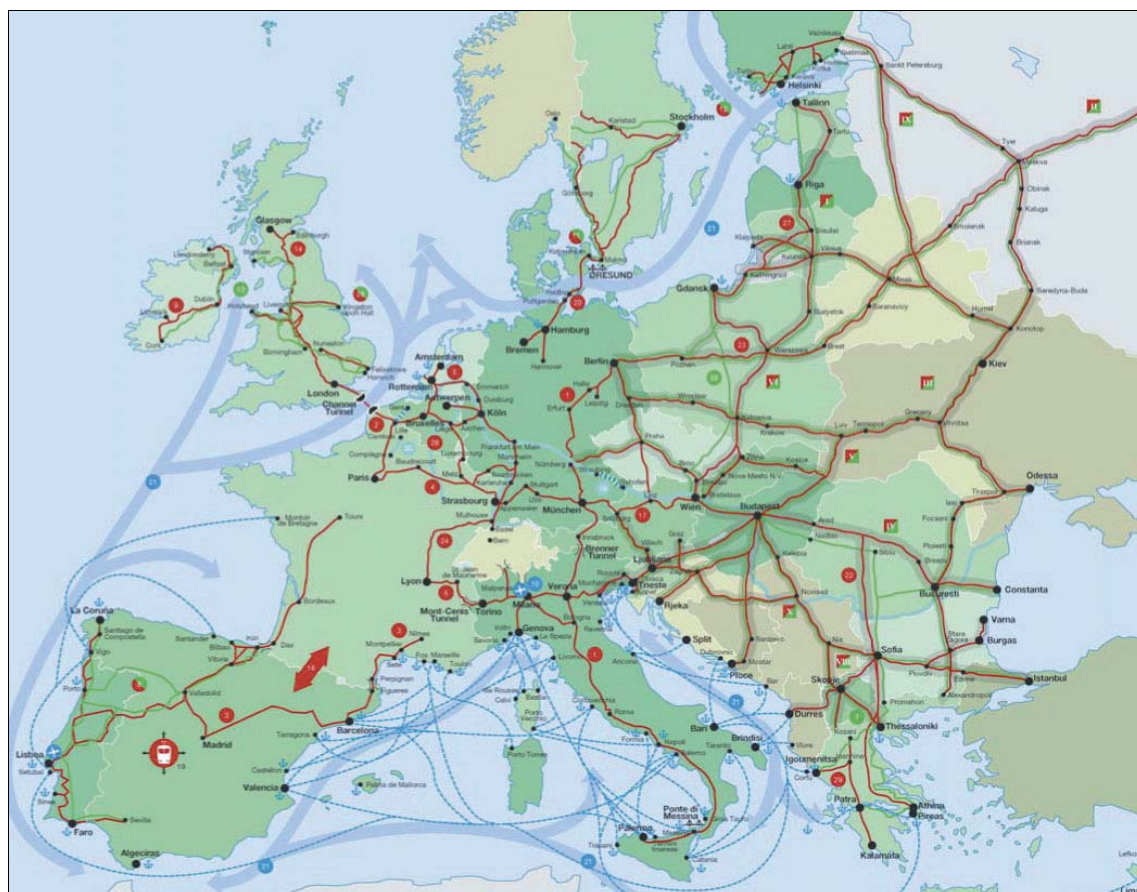
## 5.2. LO SCENARIO DI SIMULAZIONE

La metodologia di studio della presente applicazione si basa sulla definizione di uno scenario trasportistico di simulazione (individuato sulla base dell'analisi del quadro programmatico di riferimento) che è assunto come invariante per la costruzione degli scenari di progetto, caratterizzati dall'implementazione delle azioni di piano che si intende proporre (individuate sulla base delle classi strategiche delineate dalle linee guida per la redazione del Piano). Lo scenario di progetto è oggetto di una simulazione degli effetti, finalizzata al calcolo degli indicatori di prestazione e al confronto con i valori di riferimento (target), per definire le indicazioni e le raccomandazioni di Piano.

### *5.2.1. ANALISI DEL QUADRO PROGRAMMATICO*

Per quanto concerne l'analisi del quadro programmatico di riferimento, sono stati analizzati una serie di documenti esistenti sulla pianificazione e sulla programmazione del sistema dei trasporti a scala nazionale (orizzonti temporali di medio e lungo periodo); in particolare ci si è avvalsi degli interventi infrastrutturali presenti nei seguenti documenti, classificati per orizzonte spaziale:

- PIANIFICAZIONE COMUNITARIA (EUROPEA):
  - Rete TEN-T, figura 5.2.1;
  - Piano per l'allargamento a Est: i Corridoi Pan-Europei, figura 5.2.1;
  - Programma Marco Polo e gli altri piani e programmi promossi dall'UE (il Libro Bianco, il Libro Verde, i rapporti Wider Europe).



*Figura 5.2.1 Corridoi Pan-Europei TEN-T, Autostrada del Mare*

- PIANIFICAZIONE NAZIONALE:

- Piano Generale dei Trasporti e della Logistica (2001);
- Legge Obiettivo (n. 443 del 2001);
- Programma infrastrutture strategiche (2001 e 2004);
- Piano per la Logistica (2006);
- Quadro Strategico Nazionale (2007-2013);
- Piano Industriale delle Ferrovie dello Stato (2007-2011);
- Piano degli investimenti ANAS (2007-2011);
- Documento di Programmazione Economica Finanziaria (2008-2012);
- Linee Guida del Piano Generale della Mobilità (2007).

- PIANIFICAZIONE REGIONALE:
  - Piani Regionali dei Trasporti;
  - Piani Urbani.

Dai diversi documenti approvati dalla Commissione Europea si evince come le linee guida siano quelle indirizzate alla realizzazione di alcuni obiettivi, tra cui misure tariffarie per l'internalizzazione delle esternalità ambientali, per il potenziamento dei servizi, per l'innovazione tecnologica e per lo sviluppo delle *reti transeuropee TEN-T* stradali e ferroviarie, con priorità agli assi ferroviari. Il Programma Comunitario di finanziamento TEN-T è finalizzato al cofinanziamento di grandi progetti infrastrutturali, con priorità ai transfrontalieri. Tutti i progetti TEN-T hanno vocazione euro-regionale e tra i principi è possibile citare:

- garantire la mobilità delle persone e dei beni;
- offrire agli utenti infrastrutture che offrano un buon livello di servizio;
- sfruttare le sinergie derivanti da una gestione d'insieme dei diversi modi di trasporto;
- permettere un utilizzo ottimale delle capacità delle infrastrutture esistenti;
- garantire l'interoperabilità di tutti gli elementi infrastrutturali;
- servire l'insieme dei Paesi facenti parte della Comunità Europea;
- prevedere l'estensione infrastrutturale comunitaria verso i Paesi dell'EFTA (European Free Trade Association, ovvero Islanda, Liechtenstein, Norvegia e Svizzera), i Paesi dell'Europa centrale ed orientale ed i Paesi mediterranei.

Attualmente, a seguito dell'ultimo aggiornamento avvenuto nel 2008, la programmazione della rete TEN-T (Trans-European Transport Network), che ha avuto inizio nel 1994 con l'approvazione di 14 progetti, comprende 30 progetti (figura 5.2.2), enumerati in ordine crescente, di cui i progetti 1, 6 e 24 sono di pertinenza al territorio italiano:

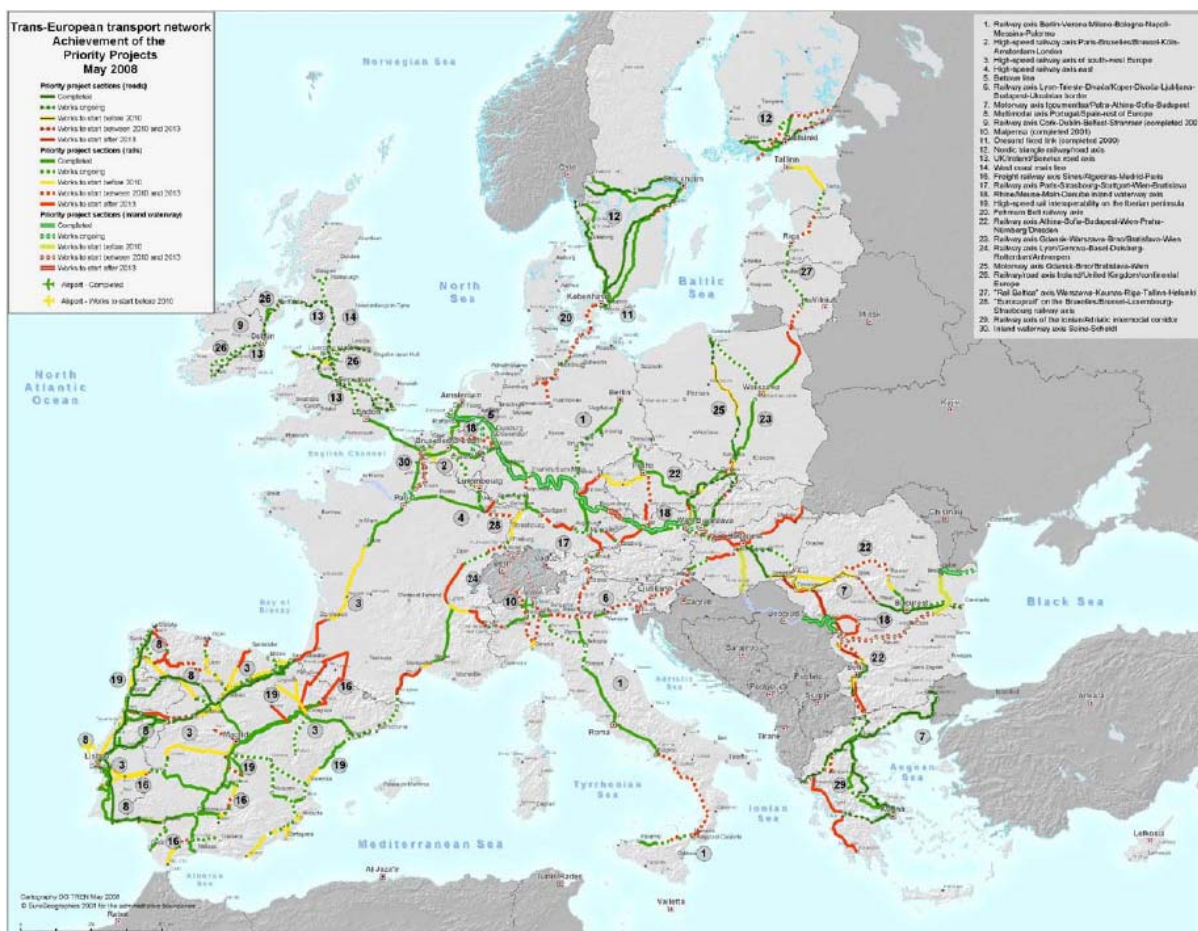


Figura 5.2.2. Rete transeuropea – 30 progetti prioritari

- Il *progetto prioritario 1* riguarda l'asse ferroviario Berlino-Verona/Milano-Bologna-Napoli-Messina-Palermo (figura 5.2.3), un'asse nord-sud che garantirà la crescita di capacità del sistema di collegamento tra le Alpi e il corridoio del Brennero e coinvolge, oltre all'Italia, la Germania e l'Austria. Allo stato attuale sono stati completati circa 956 km dei 2520 km totali; la fine dei lavori è prevista per il 2024. Della sezione Monaco-Innsbruck-Bolzano-Trieste-Verona, che è quella prioritaria di progetto, i lavori sono ancora in corso di esecuzione ed il suo completamento è previsto per il 2013 mentre i lavori per il Brenner Base Tunnel (BBT) inizieranno nel 2010 per concludersi nel 2022. La tratta Roma-Napoli risulta già essere attiva; sulla sezione Milano-Bologna-Firenze sono stati condotti alcuni collaudi e se ne prevede l'entrata in funzione per il 2009. Infine, il collegamento Verona-Bologna, collo di bottiglia della tratta in quanto ne rappresenta di fatto il vincolo di capacità, sarà definitivamente completato entro la fine del 2008.

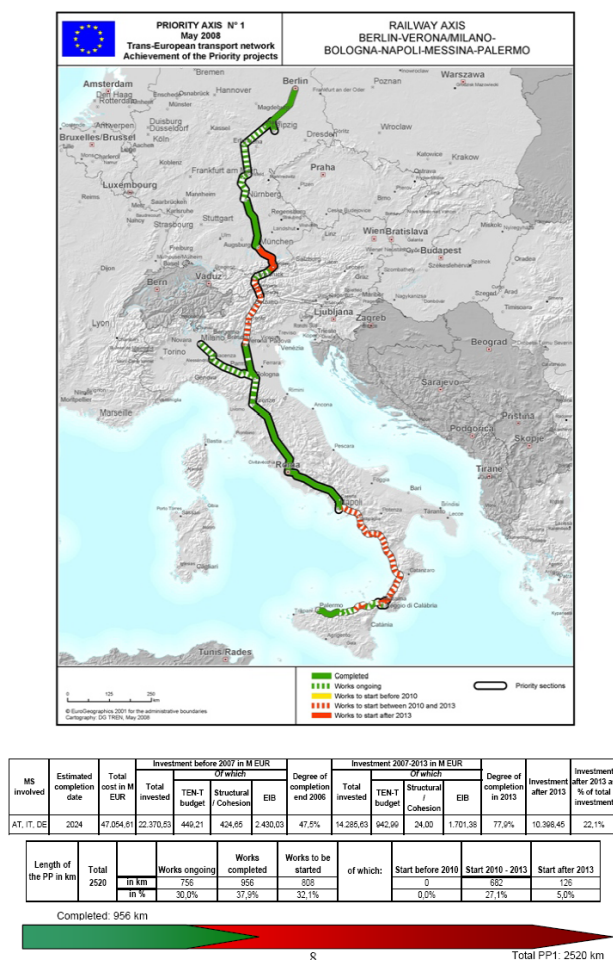


Figura 5.2.3. Progetto prioritario 1

- Il *progetto prioritario 6* riguarda l'asse ferroviario Lione-Trieste-Divača/Koper- Divača-Ljubljana-Budapest-Ukrainian (figura 5.2.4). Esso rappresenta un importante collegamento est-ovest, attraverso le Alpi, tra Lione, Torino e la Slovenia; esso coinvolge 4 Paesi membri: Italia, Francia, Slovenia, Ungheria. L'asse ferroviario previsto dal progetto si estende per circa 1688 km di cui 190 km sono già completati. I lavori Torino-Lione-Basel Tunnel sono previsti nel periodo 2011-2023. Invece, per quanto concerne la tratta Divača-Trieste, le decisioni definitive sono state delineate nel Giugno/Luglio 2008.





MS involved	Estimated completion date	Total cost in M EUR	Investment before 2007 in M EUR				Degree of completion end 2006	Investment 2007-2013 in M EUR				Degree of completion in 2013	Investment after 2013	Investment after 2013 as % of total investment
			Total invested	TEN-T budget	Structural Cohesion	EIB		Total invested	TEN-T budget	Structural Cohesion	EIB			
FR, HU, IT, SI	2025	60.741,66	7.827,03	334,02	77,46	184,00	12,0%	10.427,84	1.080,16	874,88	366,41	30,1%	42.466,66	69,9%

Length of the PP in km	Total		Works ongoing			Works to be started			of which:	Start before 2010			Start 2010 - 2013			Start after 2013		
			in km	158	190	1340				92	724	524						
		in %	9,4%	11,3%	79,4%				5,4%	42,9%	31,1%							

Completed: 190 km



Total PP6: 1688 km

Figura 5.2.4. Progetto prioritario 6

- Il *progetto prioritario 24* riguarda Italia, Germania, Svizzera ed Olanda. È anch'esso un'asse ferroviario di collegamento nord-sud che serve i porti di Rotterdam ed Anversa con Genova e riguarda la tratta Lione/Genova-Basel-Duinsburg-Rotterdam/Anversa (figura 5.2.5). Il progetto ha l'obiettivo del trasferimento modale dalla strada alla ferrovia: è questa, infatti, una delle strade più trafficate d'Europa per il trasporto merci. Altro obiettivo del progetto è quello di collegare i grandi centri logistici a nord e sud delle Alpi, come Karlsruhe, Milano e Novara. Sul territorio italiano vi è un insieme di diversi progetti che riguardano la costruzione della linea ferroviaria dal porto di Genova fino ai confini con la svizzera, passando attraverso Domodossola, Chiasso e anche (ancora da definire) Novara o Milano: alcune opere sono già state



completate, altre invece sono ancora in fase di progettazione. Dei complessivi 1688 km che caratterizzano il tracciato, circa 395 km sono già stati completati.

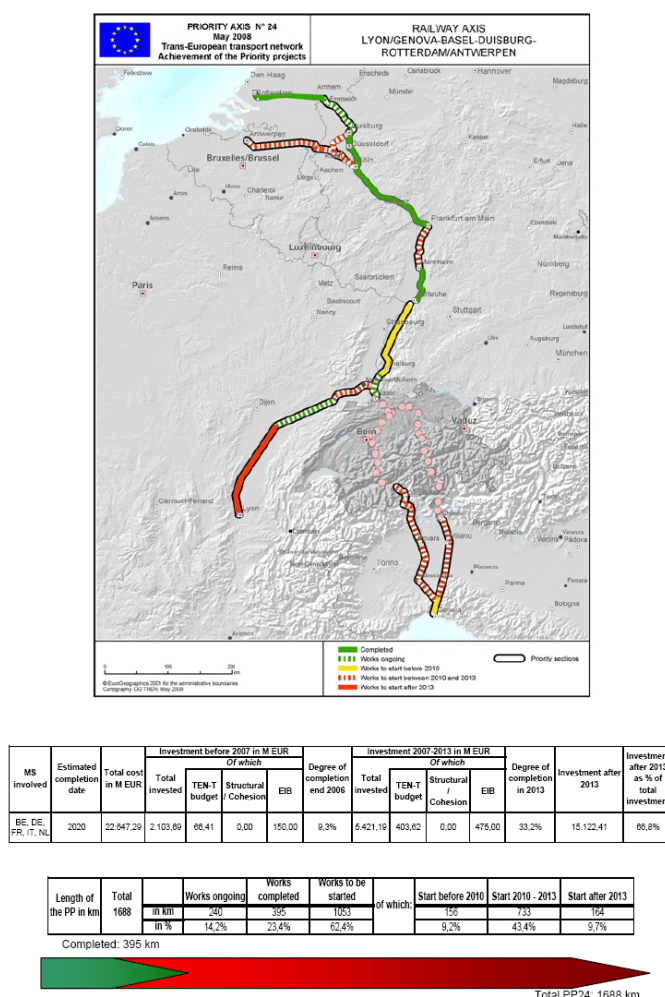


Figura 5.2.5. Progetto prioritario 24

Poiché già nel 1994 era stata prevista l'opportunità di un allargamento dei confini dell'UE attraverso l'entrata di ulteriori 10 Stati membri, parallelamente ai progetti TEN-T è stata attivata la progettazione della *rete Pan-Europea* dei trasporti attraverso il progetto PAN-EUROSTAR (PAN-EUROpean tran sport corridors and areas STATus Report). I 30 progetti prioritari previsti all'interno delle linee guida per lo sviluppo della rete TEN-T servono principalmente i traffici di lunga distanza all'interno dei 27 Stati membri. Le linee guida non includono i principali assi che dovrebbero collegare gli Stati con i Paesi confinanti (escludendo il progetto 12 e il progetto 6). Questi collegamenti, che sono attualmente interessati da alti traffici sia di passeggeri che di merci, sono coperti dai corridoi Pan-Europei interessati da processi decisionali diversi rispetto alla rete TEN-T. Nelle conferenze di Praga

(1991), Creta (1994) e Helsinki (1997) si è delineata nel tempo una rete composta da 10 progetti, detti corridoi, e 4 aree di cui 2 corridoi e 2 aree sono di pertinenza al territorio italiano, figura 5.2.6:

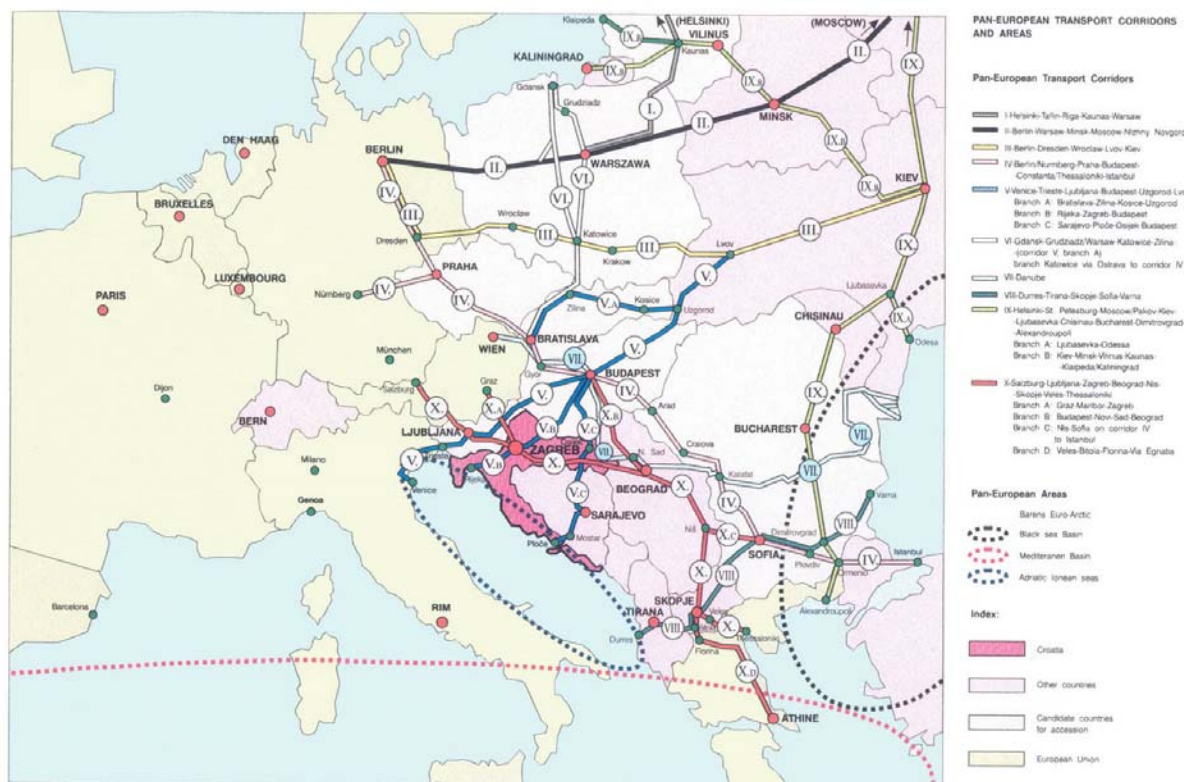


Figura 5.2.6. Corridoi ed Aree della Rete Pan-Europea

- Il *Corridoio V* (ferrovia 3270 km, strada 2850 km): è una rete stradale e ferroviaria che connette Venezia-Trieste-Koper-Ljubljana-Budapest-Uzgorov-L'viv (suddivisa in 4 rami) con l'Adriatic-Ionian Sea Transport Area, che riguarda i Paesi litoranei del Mar Adriatico e del Mar Ionio, figure 5.2.7-5.2.11. Per quanto concerne l'Italia, esso prevede interventi puramente ferroviari. Lo studio di fattibilità e la progettazione preliminare per la sezione Ronchi dei Legionari-Trieste sono stati completati alla fine dell'anno 2002. Il completamento del collegamento tra Slovenia e Venezia- Trieste-Divača è previsto per il 2015.

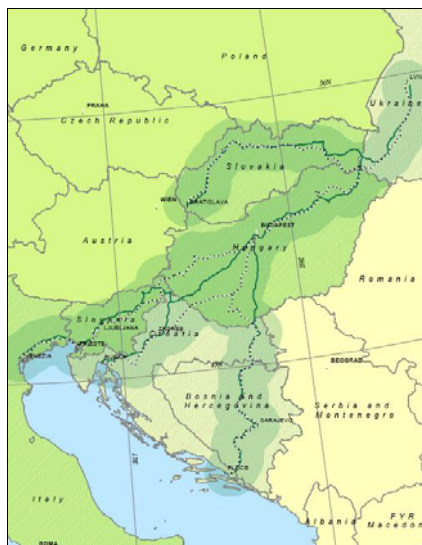


Figura 5.2.7. Corridoio V



Figura 5.2.8. Connessione con il sistema dei valichi



Figura 5.2.9. Connessione con il sistema dei porti



Figura 5.2.10. Connessione con il sist. degli aeroporti



Figura 5.2.11. Connessione con il sist. terminali merci

- Il *Corridoio VIII* (ferrovia 1270 km, strada 960 km): Il tracciato del Corridoio VIII attraversa gli Stati di Albania, FYR Macedonia e Bulgaria, collegando in successione le seguenti principali località: Bari/Brindisi -Durrës/Vlore, (Mare Adriatico) - Tiranë - Skopje - Sofia -Plovdiv - Burgas - Varna (Mar Nero), figura 5.2.12. Sono previste diramazioni di collegamenti verso la Grecia e, attraverso il Corridoio IV, verso la Turchia.



Figura 5.2.12. Corridoio VIII

È in corso di analisi la possibilità di ampliamento anche all'Italia, attraverso un collegamento marittimo che interessi i Paesi di cui sopra con il porto di Bari e, nell'entroterra, attraverso i collegamenti stradali e ferroviari fino a Napoli, figura 5.2.13; lo scenario è ancora in corso di definizione e ve ne sarà un eventuale aggiornamento nel 2010. Il corridoio VIII presenta una duplice valenza strategica: come asse di trasporto collega i porti dell'Adriatico meridionale (Bari e Brindisi) e le regioni del Mezzogiorno con i Paesi dell'area balcanica del Patto di stabilità; inoltre consente di integrare sotto il profilo economico le regioni del Mezzogiorno adriatiche ed ioniche con i Paesi in via di sviluppo dell'area balcanica, favorendo lo sviluppo delle attività commerciali e produttive in modo sinergico sulle due sponde dell'Adriatico.



Figura 5.2.13. Rete PAN: connessione del corridoio VIII con le autostrade del mare



- L'*Adriatic-Ionian Transport Area* è un progetto che vede coinvolti Albania, Bosnia-Erzegovina, Croazia, Grecia, Italia, Slovenia, Serbia e Montenegro e riguarda il trasporto marittimo (mar Adriatico e Mar Ionio), stradale, ferroviario, i canali navigabili interni (Danubio) ed il trasporto intermodale, figura 5.2.14. Questo progetto risponde alla necessità di dare priorità allo sviluppo del trasporto marittimo ed, in particolare, alla visione delle Autostrade del Mare come unica alternativa al traffico stradale per raggiungere buoni risultati di trasferimento modale nel breve periodo (entro il 2010); le Autostrade del Mare richiedono infatti investimenti ridotti e tempi più celeri di attivazione del servizio rispetto alle autostrade e alle ferrovie.



Figura 5.2.14. *Adriatic-Ionian Transport Area*

- La *Mediterranean Transport Area* è stata definita allo scopo di promuovere una rete mediterranea dei trasporti; questo progetto coinvolge alcuni Stati che si affacciano sul Mediterraneo (Albania, Algeria, Bosnia e Herzegovina, Croazia, Cipro, Egitto, Francia, Grecia, Israele, Italia, Giordania, Libano, Libia, Malta, Marocco, Portogallo, Serbia e Montenegro, Slovenia, Spagna, Siria, Tunisia, Turchia, West Bank e Gaza), figura 5.2.15.



Figura 5.2.15. Mediterranean Transport Area

Il *programma Marco Polo* è l'erede di Pact ed è stato finanziato per il periodo 2003-2006. Marco Polo ha l'obiettivo di ridurre la congestione sulla rete stradale, spostando l'incremento annuo del traffico internazionale sulle strade verso lo short-sea, la ferrovia e le vie fluviali. In esso è posta l'enfasi sui servizi, dato che Marco Polo non supporta progetti di ricerca o sviluppo di infrastrutture. Il supporto di Marco Polo viene dato per 3 tipi principali di azioni: azioni per il riequilibrio modale, azioni catalizzatrici e azioni di diffusione della conoscenza condivisa. Con il successivo programma Marco Polo II (partito nel 2007 e in conclusione per il 2017) viene consentito il sostegno ad azioni bilaterali nel Mediterraneo tra i Paesi UE e i Paesi della sponda Sud ma, a meno di accordi specifici, viene finanziata solo la parte del progetto relativa al Paese UE. Esso riguarda, pertanto, la concessione di contributi finanziari comunitari alle imprese per migliorare le prestazioni ambientali del sistema di trasporto merci. Quindi, nel contesto di questa descrizione, è chiaro come quest'ultimo documento non sia direttamente rilevante all'analisi del quadro programmatico finalizzato alla stima della domanda di mobilità passeggeri.

Documenti che riguardano esclusivamente politiche sul trasporto delle merci sono: il *Freight Integrator Action Plan* "Supporting the organizers of intermodal freight transport" (2003) ed il *Freight Transport Logistics Action Plan* (2007). Il primo, prendendo spunto dalle linee strategiche dettate dal Libro Bianco, si propone come documento trasversale rispetto a quanto delineato per le progettazioni TEN-T, PAN e Marco Polo; in esso vengono gettate le basi per la pianificazione di azioni a supporto dell'organizzazione del trasporto intermodale.

Il secondo, riprendendo anch'esso le linee guida del Libro Bianco e del Freight Integrator Action Plan, apporta delle innovazioni nelle azioni strategiche da intraprendere nel medio-lungo periodo affinché sia garantito il sistema del trasporto merci in modo competitivo e sostenibile in tutta la catena logistica.

Con l'apertura dei mercati al mondo arabo, asiatico e mediorientale, tra i Paesi del Mediterraneo è sorta l'esigenza di armonizzare il trasporto delle merci attraverso la redazione del *Regional Transport Action Plan* (RTAP) 2007-2013; esso è un documento che determina le azioni prioritarie nel settore dei trasporti a seguito della Conferenza Ministeriale Euro-Mediterranea tenutasi a Marrakech nel 2007. Il documento prevede 34 azioni da intraprendere per le differenti modalità di trasporto (mare, strada, ferrovia e aviazione civile) e per le infrastrutture di supporto sia nel breve (2010) che nel medio periodo (2013).

Le azioni proposte dai 3 precedenti documenti andranno ad influire sulla mobilità delle persone solamente in maniera indiretta (ad esempio se viene ridotto l'utilizzo delle infrastrutture stradali da parte delle merci, risulteranno più libere per permetterne l'uso ai passeggeri). Inoltre, non tutti i Paesi a cui sono rivolti rientrano nella copertura geografica dell'esempio di applicazione in corso di presentazione.

L'insieme dei documenti facente parte della pianificazione nazionale è molto vasto ed eterogeneo.

Il *PGTL 2001* si propone lo sviluppo di un sistema infrastrutturale che superi le carenze di quello esistente, sinteticamente riconducibili alla presenza di estesi fenomeni di congestione, mancanza di standard di servizio uniformi ed adeguati alle esigenze di qualità e sicurezza, fragilità del sistema in seguito ad eventi accidentali, eccessivi carichi sull'ambiente, elevata incidentalità stradale. Esso traccia le linee guida strategiche per il trasporto delle merci a livello nazionale in modo concorrente, ovvero delegando alle regioni il recepimento della normativa e le decisioni delle specifiche competenze territoriali (federalismo). I principali obiettivi del PGTL 2001 possono essere sintetizzati come segue:

- sostenere la domanda di trasporto tramite strategie infrastrutturali, di mercato, normative e organizzative;

- garantire un sistema ambientale sostenibile attraverso il riequilibrio modale, il risanamento atmosferico acustico e paesaggistico, l'utilizzo di tecnologie energeticamente più efficienti e la redazione di piani specifici per la Valutazione Ambientale Strategica (VAS);
- assicurare l'efficienza della spesa pubblica tramite l'attivazione della concorrenza, la programmazione degli investimenti, la partecipazione del capitale privato;
- perseguire l'equilibrio territoriale delle imprese tra nord e sud del Paese;
- raccordare la politica nazionale dei trasporti a quella europea;
- accrescere la professionalità degli operatori del settore;
- consentire un utilizzo più efficiente e sostenibile del trasporto merci e raggiungere una dotazione di servizi di alta qualità attraverso azioni che mirino allo sviluppo della logistica integrata.

Per quanto riguarda la domanda di mobilità, il quadro nazionale al 2001 forniva uno squilibrio modale a favore del trasporto su strada. Per la costruzione degli scenari futuri (proiezioni di domanda al 2010) ed il monitoraggio del traffico viene utilizzato il SIMPT. Nel rispetto del protocollo di Kyoto, il Piano prevede anche alcune strategie ambientali, quali:

- interventi per il contenimento dell'inquinamento da gas serra (dovuto prevalentemente dal trasporto stradale);
- individuazione di modalità di trasporto merci sulle lunghe distanze alternative a quello stradale e la razionalizzazione delle catene logistiche, sia a monte della filiera di trasporto (gestione degli ordini, gestione degli stock, ecc.) che dei processi distributivi delle merci (riduzione dei viaggi a vuoto).

Invece, la *Legge Obiettivo* (legge n. 443/2001, in breve LO) si propone di strutturare la realizzazione delle opere strategiche e di rilevante interesse nazionale in base ai principi dettati dal PGTL. Attraverso il programma "infrastrutture pubbliche e private e degli insediamenti produttivi", aggiornato annualmente e da inserire nel DPEF, le sostanziali novità possono così essere sintetizzate:



- riforma dei procedimenti di approvazione dei progetti per rendere più celere la realizzazione delle opere;
- riforma delle modalità realizzative attraverso il Project Financing per la realizzazione e gestione delle opere (infrastrutture e insediamenti produttivi) attraverso gli impieghi di capitale privato.

La legge Obiettivo rappresenta un momento di discontinuità nel processo di pianificazione: alla metodologia di Piano si sostituisce il Programma, che contiene un lungo elenco di priorità che concentra gli interventi sulle strade e sulle ferrovie ad alta velocità mettendo in secondo piano le reti portuali, il trasporto marittimo e la logistica; manca quindi una prospettiva di intermodalità e di integrazione sia in termini di reti che di servizi. Nel maggio 2004 è stato pubblicato un “Rapporto per la VIII Commissione ambiente, territorio e lavori pubblici” in cui venivano riportate delle tabelle sullo stato degli interventi (macropere, opere, interventi e sottointerventi) delle infrastrutture strategiche in Italia per l’attuazione della Legge Obiettivo, opere che nei successivi 6-8 anni sarebbero state effettuate. Tali informazioni sono entrate a far parte dello scenario attuale di simulazione (2008) a causa dell’orizzonte temporale cui fanno riferimento.

Nel *Programma Infrastrutture Strategiche* (PIS) del 2001 sono contenute le linee guida per le Regioni in materia di promozione, realizzazione e sviluppo delle infrastrutture logistiche. Il PIS è stato aggiornato nella sua seconda edizione nel 2004 e, a vocazione prevalentemente europea, porge particolare attenzione ai progetti TEN-T e PAN-Europei ed alle iniziative della Legge Obiettivo previsti nelle progettazioni europee, con un orizzonte temporale di indirizzo/previsione al 2006.

A quattro anni dall’approvazione del PGTL, il mondo dell’autotrasporto e degli operatori logistici ha evidenziato la necessità di redigere un *Piano per le Logistica* che ponga nel necessario risalto la logistica considerandola una preziosa occasione di riconversione e di crescita. In esso sono considerati gli aspetti della logistica del Paese, quali le relazioni esistenti sia tra trasporti e territorio (accessibilità locali, sistemi infrastrutturali ed offerta di trasporto), sia tra trasporti e logistica (in termini di domanda e offerta). Vengono trattate le seguenti modalità di trasporto: l’autotrasporto, il combinato terrestre e marittimo ed il trasporto aereo, con attenzione, anche, al trasporto urbano delle merci. Il Piano stima che i

costi legati al trasporto e alla logistica incidono per circa il 20% sul valore totale della produzione e, per promuovere il loro contenimento, al fine di recuperare competitività in ambito europeo, propone alcune strategie:

- costruzione di nuove infrastrutture e ammodernamento di quelle già esistenti nei punti critici della rete italiana (l'orizzonte temporale di riferimento per il termine degli interventi atti a colmare il deficit infrastrutturale è fissato non prima del 2015 e non oltre il 2020);
- promozione della terziarizzazione logistica per la promozione di una logistica integrata di filiera;
- liberalizzazione dell'autotrasporto.

Il *Quadro Strategico Nazionale* (QSN) 2007-2013 fissa gli obiettivi e gli indirizzi della politica regionale, comunitaria e nazionale. La strategia del QSN si articola complessivamente in dieci priorità del tutto teoriche:

1. miglioramento e valorizzazione delle risorse umane;
2. promozione, valorizzazione e diffusione della ricerca e dell'innovazione per la competitività;
3. uso sostenibile e efficiente delle risorse ambientali per lo sviluppo;
4. inclusione sociale e servizi per la qualità della vita e l'attrattività territoriale;
5. valorizzazione delle risorse naturali e culturali per l'attrattività e lo sviluppo;
6. reti e collegamenti per la mobilità;
7. competitività dei sistemi produttivi e occupazione;
8. competitività e attrattività delle città e dei sistemi urbani;
9. apertura internazionale e attrazione di investimenti, consumi e risorse;
10. governance, capacità istituzionali e mercati concorrenziali ed efficaci.

Il *Piano Industriale delle Ferrovie dello Stato 2007-2011* assume che la politica complessiva dei trasporti attuata da governo ed istituzioni territoriali sia coerentemente rivolta a porre la ferrovia come modalità primaria nella mobilità passeggeri/merci, in ambito nazionale e locale, per condurre il Paese ad allinearsi ai livelli UE sul fronte della qualità, della sicurezza e della sostenibilità socio – ambientale dei servizi di trasporto. La realizzazione di questo Piano si basa essenzialmente sull'aumento dell'offerta di trasporto su ferro, che sarà resa possibile dalla messa in esercizio della linea AV/AC Torino – Milano – Napoli, prevista per la fine del 2009, di cui si parlerà in seguito, figura 5.2.25. Oltre l'aumento dell'offerta di trasporto sia passeggeri che merci sulle relazioni direttamente coinvolte dalla nuova infrastruttura, si libererà capacità sulle linee convenzionali, che potranno così offrire un servizio maggiore e migliore per i trasporti locali, in particolare nelle grandi aree metropolitane, ampliando così di fatto tutta la gamma dell'offerta.

I rapporti relativi ad investimenti per la realizzazione di nuove opere e per la manutenzione della rete stradale di interesse nazionale tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e l'ANAS s.p.a. sono regolati dal Contratto di Programma o *Piano di Investimenti ANAS*. Tali interventi, opere infrastrutturali di nuova realizzazione per l'anno 2007 con proiezione programmatica fino al 2011 ed elencati nell'allegato A del Contratto di Programma, sono dotati di progetto esecutivo e definitivo e, di conseguenza, tutti appaltabili nell'anno 2008; l'elenco degli interventi estrapolati da tale piano che entrano a far parte dello scenario di progetto è riportato nell'allegato A.

Il *Documento di Programmazione Economica Finanziaria* (DPEF 2008-2012) indica l'obiettivo di rimettere l'economia italiana su un sentiero di crescita sostenibile. Per il settore dei trasporti, si tratta di dare una più approfondita risposta alla domanda di mobilità espressa dal territorio attraverso interventi infrastrutturali programmati a scala urbana, nazionale ed europea, che tendono a realizzare un sistema di trasporti sicuro, efficace e sostenibile. Al perseguimento dei predetti obiettivi concorrono opere quali:

- gli interventi ferroviari per lo sviluppo del Corridoio V e delle tratte meridionali del Progetto 1;
- gli interventi rivolti all'implementazione delle Autostrade del Mare;

- le opere per l'accessibilità ferroviaria al nodo aeroportuale di Malpensa, per il potenziamento dei Corridoi Tirrenico e Adriatico;
- gli interventi di rafforzamento delle trasversali peninsulari;
- le opere funzionali al decongestionamento dei nodi urbani, tra i quali le metropolitane di Milano, Torino, Bologna, Roma (figura 5.2.16) e Napoli.



Figura 5.2.16. Progetto nuove linee metropolitane di Roma

Riguardo all'ammodernamento dell'Asse autostradale Salerno-Reggio Calabria, figura 5.2.18, compreso nel corridoio Tirrenico, uno specifico obiettivo dell'azione programmatica sarà volto a garantire il completo finanziamento dell'opera e ad ottenere dall'ANAS, in quanto ente committente, una significativa riduzione dei tempi di esecuzione ed il contenimento dei costi di realizzazione dei lotti ancora in stato di progettazione. L'Allegato "Infrastrutture" al DPEF 2008-2012 è stato redatto a partire dalle disposizioni introdotte dall'art. 1 della legge 443/2001. In esso sono inserite le opere del 1° Programma delle Infrastrutture Strategiche articolato in due classi di intervento:

- le infrastrutture strategiche, ovvero le opere già ricomprese in Legge Obiettivo, o che si ritiene di inserire nel Programma;

- le infrastrutture di completamento, ovvero le opere ricomprese negli altri strumenti di programmazione a valere sulle risorse ordinarie o sui finanziamenti aggiuntivi offerti dalla politica regionale, comunitaria e nazionale (fra questi principalmente le opere programmate con i Fondi strutturati europei 2007-2013 e con i Contratti di programma RFI e ANAS 2007-2011).

Il documento Infrastrutture Prioritarie (insieme delle precedenti classi di interventi), presentato in sede di Conferenza Unificata nel novembre 2006, costituisce un Master Plan, ossia un piano di azione articolato su due diversi orizzonti temporali: breve e medio-lungo termine.

Infine, nelle linee guida del *Piano Generale della Mobilità*, presentate a fine 2007, vengono indicati gli obiettivi strategici: efficienza, sicurezza e sostenibilità. Per perseguire questi obiettivi strategici, in coerenza con le indicazioni dell'UE, occorre adottare misure per migliorare le prestazioni economiche e ambientali di tutti i modi di trasporto e misure per realizzare il passaggio dalla gomma alla ferrovia, alle vie navigabili e al trasporto pubblico di passeggeri, mediante una ridefinizione dei processi produttivi e logistici, una modifica delle abitudini associate ad un collegamento migliore tra i diversi modi di trasporto, un deciso miglioramento dell'efficienza energetica nel settore.

Per quanto riguarda la pianificazione in un ambito territoriale più ristretto, quello regionale e locale, sono stati analizzati i Piani Regionali dei Trasporti e i Piani Urbani.

Il *Piano Regionale dei Trasporti*, è lo strumento principale utilizzato per la programmazione di dinamiche territoriali regionali, in cui vengono proposti gli obiettivi generali e le strategie per la pianificazione e la gestione dei sistemi di trasporto in sintonia con fabbisogni territoriali. Questo deve tener conto delle direttive strategiche dettate dai documenti di pianificazione comunitaria e nazionale, nonché delle necessità delle regioni di riferimento che, grazie alla Legge Obiettivo, hanno adesso le competenze necessarie per la pianificazione dei trasporti e delle infrastrutture. Nel PGTL 2001 sono riportate le linee guida per la redazione dei Piani Regionali dei Trasporti (PRT). Gli obiettivi da perseguire nell'ambito di un PRT si distinguono in:

- obiettivi diretti, comprendenti le finalità di:

- garantire accessibilità per le persone e le merci all'interno del territorio di riferimento;
  - rendere minimo il costo generalizzato della mobilità (somma dei costi di produzione del trasporto privato e pubblico ed il valore delle altre risorse che gli utenti del sistema debbono consumare per muoversi – tempo, rischio di incidenti, carenza di comfort, ecc.);
  - assicurare elevata affidabilità e bassa vulnerabilità del sistema, in particolare nelle aree a “rischio”;
  - contribuire al raggiungimento degli obiettivi di Kyoto;
  - garantire mobilità alle persone con ridotte capacità motorie e, tra queste, alle persone diversamente abili;
- obiettivi indiretti, riguardanti il sistema esterno al sistema dei trasporti, sono:
- ridurre gli attuali livelli di inquinamento;
  - proteggere e valorizzare il paesaggio ed il patrimonio archeologico, storico e architettonico dell'intero territorio italiano;
  - contribuire a raggiungere gli obiettivi dei piani di riassetto urbanistico e territoriale e dei piani di sviluppo economico e sociale.

Altri strumenti rilevanti sono: il *Piano Regionale per la Logistica* (PRL), in cui vengono specificate le direttrici regionali inerenti l'organizzazione e la gestione della movimentazione delle merci, i *Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale* (PTCP), che si trovano a valle dei PRL e regolano i processi territoriali a livello provinciale e sovra-comunale compatibilmente con quanto esplicitato nel PRT di competenza. A scala inferiore si trovano invece altri strumenti di piano quali i *Piani Urbani della Mobilità* (PUM) e i *Piani Urbani del Traffico* (PUT). I principali obiettivi da perseguire con i *Piani Urbani della Mobilità* sono:

- il soddisfacimento e lo sviluppo dei fabbisogni di mobilità;
- il risanamento ambientale;

- la sicurezza del trasporto;
- la qualità del servizio;
- il risanamento economico delle aziende di trasporto;
- l'efficienza economica del trasporto.

Il PUM deve prevedere interventi infrastrutturali ed organizzativi sul sistema della mobilità, da realizzarsi per fasi, a partire dal breve periodo (5 anni) e devono individuare una prima struttura di sistema di trasporto. Partendo da essa l'intero Piano dovrà svilupparsi e completarsi nel medio e lungo periodo (10 anni).

Sulla mobilità urbana è in corso il processo di consultazione *Libro Verde – Verso una nuova cultura della mobilità urbana*, pubblicato nel 2007. Il libro Verde affronta le tematiche connesse alla mobilità in ambito urbano. I principali punti su cui esso si basa, riguardano:

- conciliare gli interessi del trasporto di merci e del trasporto di persone, qualunque sia il modo di trasporto utilizzato;
- integrare le modalità di trasporto in termini di comodalità tra quelle di trasporto collettivo (treno, tram, metropolitana, autobus, taxi) e quelle di trasporto individuale (automobile, motocicletta, bicicletta, a piedi);
- perseguire obiettivi di prosperità economica, di rispetto del diritto di mobilità, di qualità di vita e di tutela dell'ambiente.

Terminata l'analisi dei documenti di pianificazione e programmazione, è bene fare un inquadramento degli orizzonti temporali di analisi. Si rende opportuno, quindi, definire un orizzonte di breve periodo ed un orizzonte di medio-lungo periodo:

- il primo può essere definito congruentemente alla verifica del protocollo di Kyoto (2012), anno in cui occorrerà effettuare una verifica delle emissioni di gas serra dovute anche agli interventi previsti su infrastrutture e servizi di trasporto stradale;
- il secondo orizzonte temporale di analisi, quello di medio-lungo periodo, può essere definito in un arco temporale più esteso sulla base delle indicazioni riportate nelle

Linee Guida del PGM, emanate dal Ministero dei Trasporti nel 2007, che vedono nel 2020 l'anno di riferimento posto per l'attuazione del costruendo piano Generale della Mobilità.

Gli scenari trasportistici agli anni 2012 e 2020 vengono, quindi, costruiti a partire dall'individuazione di infrastrutture e servizi di trasporto che, per stato di avanzamento del processo pianificazione-programmazione-costruzione hanno una ragionevole certezza di entrare in esercizio all'orizzonte temporale di analisi. Sulla base dell'analisi del quadro programmatico, gli scenari trasportistici sono stati costruiti secondo un processo sequenziale che parte dalla definizione scenario attuale (2008) del sistema di trasporto passeggeri regionale e nazionale di medio-lunga percorrenza a cui vengono introdotti tutti gli interventi già avviati, o di prossima attivazione, che con certezza possono ritenersi conclusi ed in esercizio entro l'anno di riferimento dello scenario di simulazione.

In particolare lo scenario trasportistico al 2012 è costituito da infrastrutture e servizi per le diverse modalità di trasporto considerate in esercizio allo scenario attuale, che saranno ancora in esercizio al 2012, e da tutti gli interventi che possono ritenersi conclusi ed in esercizio entro il 2012; successivamente, con la stessa logica, a partire dallo scenario 2012 viene costruito lo scenario trasportistico al 2020. Nel presente esempio di applicazione il periodo di riferimento dello scenario di simulazione è il 2012.



### *5.2.2. SCENARIO TRASPORTISTICO AL 2012*

Lo scenario trasportistico al 2012 è stato definito a partire dall'attuale sistema di trasporto passeggeri a servizio della mobilità interregionale e nazionale delle persone.

Sulla base delle caratteristiche del trasporto dei passeggeri nel panorama italiano, i servizi di trasporto possono prevalentemente ricondursi alle modalità stradale, ferroviaria, al trasporto via mare e aereo e alle modalità di trasporto urbano (ad esempio la metropolitana). Oggetto della presente tesi sono solamente gli interventi infrastrutturali che riguardano la strada e la ferrovia in quanto, considerando come scenario di simulazione un così breve periodo, per i modi di trasporto mare e aereo non sono stati pianificati importanti investimenti che arrechino cambiamenti particolarmente sensibili alle scelte comportamentali degli utenti del sistema di trasporto.

In relazione al quadro programmatico di riferimento di cui al paragrafo precedente, gli interventi già avviati o programmati che possono ritenersi conclusi all'anno 2012 sono riportati nella tabella dell'allegato A. Essi sono stati estrapolati utilizzando come fonte principale il Master Plan delle infrastrutture prioritarie (Aprile 2008), figura 5.2.17, in quanto è risultato essere il documento più completo e aggiornato che comprende gli interventi menzionati sugli altri piani e che definisce lo stato attuale di avanzamento. Esso rappresenta un disegno generale di programmazione territoriale e settoriale che integra e porta a sintesi critica le diagnosi di scenario su scala nazionale (dal Master Plan delle reti Ten dei trasporti e dei Corridoi al Piano Generale dei Trasporti e della Logistica alla Rete delle Autostrade del Mare), i programmi delle agenzie nazionali (Anas, Ferrovie dello Stato, Enac, Autorità portuali) e le proposte formulate dalle Regioni d'intesa con gli enti locali. Il Master Plan disegna da un lato una strategia complessiva del Paese come dato unitario di politica nazionale di sistema; dall'altro, con la stessa intensità, richiede uno sforzo unitario dell'intero Governo per assicurare, nel corso della fase di messa a punto della legge finanziaria e negli anni successivi, lo sforzo adeguato di individuazione e di allocazione delle risorse finanziarie necessarie al raggiungimento dell'obiettivo di adeguamento e di sviluppo infrastrutturale del territorio italiano.

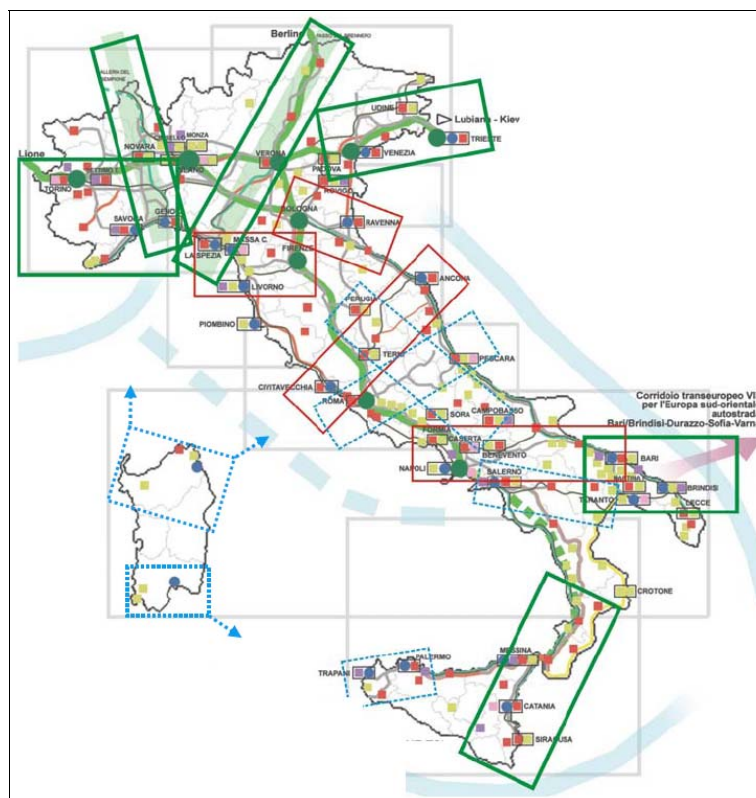


Figura 5.2.17. Rappresentazione dei principali interventi inseriti nel Master Plan

### 5.2.2.1. Strada

Per quanto concerne l'uso della strada, il trasporto delle persone al 2012 potrà avvalersi di una serie di interventi infrastrutturali stradali pensati per il miglioramento dei collegamenti sulle direttrici principali di collegamento nord-sud (ad esempio l'adeguamento della Salerno-Reggio Calabria), delle direttrici trasversali (ad esempio la Fano-Grosseto), nonché di tutta una serie di interventi mirati al miglioramento dell'accessibilità sia dei centri urbani (adeguamento/ammodernamento di tangenziali, raccordi,...), sia di zone del nostro Paese ben note per la loro carenza cronica di dotazione di infrastrutture di elevata qualità e sicurezza. Le infrastrutture oggetto del Piano di Investimenti dell'ANAS che rientrano nello scenario simulativo di breve periodo (2012), sono:

- *A3 Salerno - Reggio Calabria*: questo intervento rientra nella categoria “lavori di ammodernamento ed adeguamento”. Il progetto è suddiviso in 57 interventi (compresi i riappalti di lavori stralcio) suddivisi in 11 Macrolotti e 46 Lotti, inclusi 4 svincoli, non previsti nell’originario piano per l’adeguamento, ma successivamente richiesti da Regioni ed Enti Locali, figura 5.2.18.

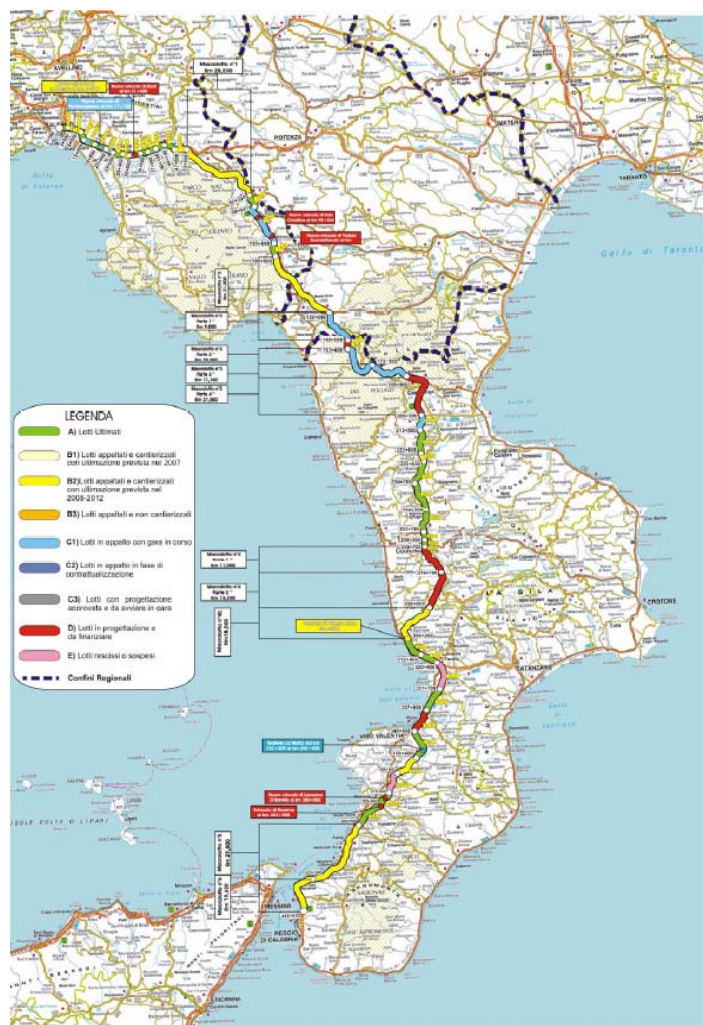


Figura 5.2.18. Rappresentazione dei lotti di intervento dell’autostrada Salerno-Reggio Calabria

Attualmente i lavori ultimati, in corso e in appalto sull’Autostrada riguardano circa 360 Km della stessa, pari a circa il 82 % dell’intero tracciato (443 km); in particolare:

- 25 interventi sono ultimati e fruibili;
- 11 interventi sono in esecuzione e regolarmente cantierati; l’apertura al traffico è prevista con gradualità entro il 1° semestre del 2012;
- 9 interventi sono in fase di gara.

- *SS 106 Jonica*: La Statale "Ionica", (figura 5.2.19), ha un'estensione complessiva, da Taranto a Reggio Calabria, di circa 491 chilometri di cui circa 39 chilometri nella Regione Puglia, circa 37 chilometri nella Regione Basilicata e circa 415 chilometri nella Regione Calabria. Per quanto riguarda lo scenario trasportistico cui fa riferimento, in parte l'opera potrà essere utilizzata già nel 2012 (megalotti 1 e 2) ma per l'utilizzo nella sua interezza occorre attendere il medio-lungo periodo (2020).

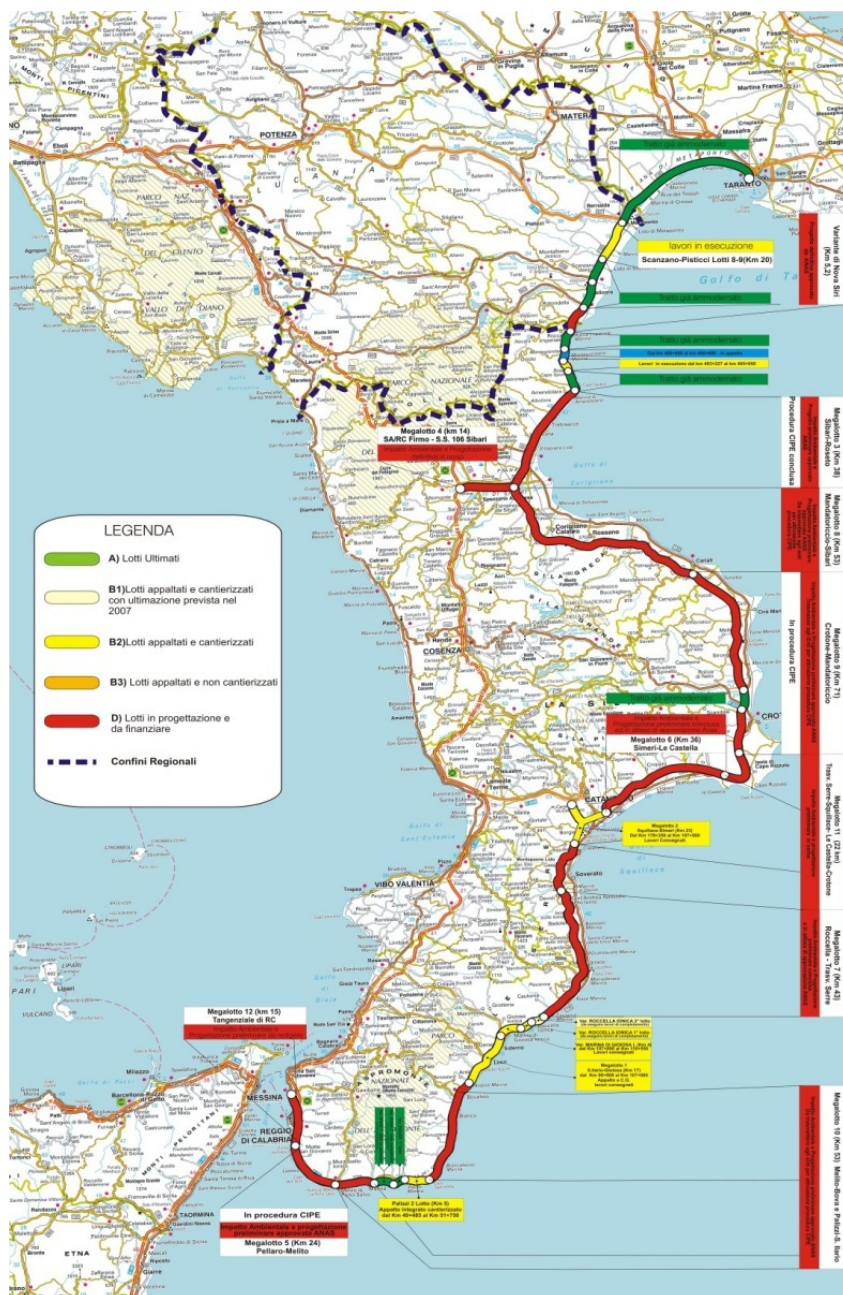


Figura 5.2.19. Rappresentazione dei lotti di intervento della SS 106 "Jonica"



- *S.G.C. Grosseto - Fano*: l'itinerario E78 Grosseto-Fano, figura 5.2.20, prevede il collegamento tra la strada statale "Via Aurelia", presso Grosseto, e l'autostrada A14 presso il casello di Fano. Il tracciato si sviluppa collegando le città di Grosseto, Siena, Arezzo, l'asse longitudinale costituito dalla E45 presso Città di Castello, la valle del Metauro in provincia di Pesaro e Urbino ed, infine, le città di Urbino e Fano, per una lunghezza totale di circa 270 km, di cui il 63% in Toscana, il 5% in Umbria ed il 32% nelle Marche.



Figura 5.2.20. Rappresentazione del nuovo tracciato della Grosseto-Fano

- *SS 534 di Cammarata e degli Stombi*: l'intervento su tale infrastruttura rientra nel progetto di costruzione dell'aeroporto di Sibari. Consiste nei lavori di adeguamento della SSV della Casmez per l'allacciamento della SS 106 alla A3 (bivio degli Stombi - SS 106 radd) alla sezione stradale di tipo "B" del D.M. 5/11/2001 (due carreggiate separate da spartitraffico per una larghezza complessiva della piattaforma pavimentata di 23 metri, vedi allegato B).
- *Raccordo Salerno - Avellino*: l'intervento prevede la realizzazione delle opere necessarie a conferire caratteristiche autostradali all'esistente raccordo Salerno-Avellino, compreso l'adeguamento della SS e della SS7bis fino allo svincolo di Avellino est dell'A16, per un'estesa complessiva di 36 km, con ipotesi di pedaggiamento.

- *SS 156 dei Monti Lepini*: il progetto di adeguamento della SS 156 dei Monti Lepini rappresenta uno dei segmenti secondari del “Corridoio plurimodale tirrenico-nord Europa”, in quanto assicura il collegamento dell’asse pontino all’autostrada A1. L’opera è funzionale ad alleggerire le direttrici di traffico che gravitano su Latina, Frosinone e Roma. L’intero progetto di adeguamento comprende i seguenti 4 lotti:
  - il 1° lotto (Prossedi-Pontinia) è in fase di ultimazione;
  - il 2° lotto (Pontinia-Sezze) è stato finanziato con la deliberazione CIPE n.144 del 27 dicembre 2002, a valere sui fondi della legge n.166/2002. Sulla base di tale assegnazione la Regione ha contratto un mutuo con la Cassa Depositi e Prestiti ed ha appaltato i lavori, recentemente iniziati;
  - per il 3° lotto (Sezze-Latina) ed il 4° lotto (Frosinone-Prossedi) occorre produrre la necessaria progettazione e successivamente attivare le procedure della legge n.443/2001 (Legge Obiettivo).
- *SS 79 Terni - Rieti*: questo tratto rientra nella realizzazione della direttrice Civitavecchia-Orte-terni-Rieti. L’opera, lunga circa 11 km, che va dal raccordo autostradale Terni-Orte al confine regionale umbro sulla SS79 e che conduce fino a Rieti, rientra negli itinerari della Legge Obiettivo ed era inserita nel Piano Straordinario ANAS del 2003.
- *A14 tra Rimini nord e Pedaso*: l’intervento prevede la realizzazione della terza corsia; si estende per la lunghezza complessiva di 160 km circa. Per il tratto Ancona sud – Civitanova Marche (30 km) i lavori sono parzialmente in corso (1° fase).
- *Tangenziale di Torino*: l’intervento consiste nella realizzazione della 4<sup>a</sup> corsia. Essa è divisa in due tronconi, la Tangenziale Nord (da Rivoli alla A32) e quella Sud (da Santena alla A21); attualmente è allo studio il progetto per un ulteriore tronco di tangenziale (Tangenziale Est) che andrebbe a completare l’anello viario autostradale intorno a Torino unendo le autostrade A21 e A4.

- *SS 16 itinerario Foggia – Cerignola (Corridoio plurimodale adriatico)*: l'intervento si riferisce al progetto di ammodernamento a 4 corsie ed adeguamento alla sezione ex III Norme CNR, vedi allegato B. La lunghezza complessiva è di 33,5 km. Il tracciato in massima parte coincide con la sede attuale della SS 16 ad eccezione di due brevissimi tratti dove si sono rese necessarie piccole varianti al fine di eliminare alcune curve pericolose. Il progetto è così suddiviso:
  - SS 16 Foggia-Incoronata 1° Lotto (dal km 682+000 al km 690+000) per il quale i lavori sono in corso;
  - SS 16 Incoronata - immissione. SS 161 2° Lotto (dal km 690+000 al km 700+000) aggiudicato con appalto integrato;
  - SS 16 immissione SS 161-Cerignola 3° Lotto (dal km 700+000 al km 709+000) aggiudicato con appalto integrato;
  - SS 16 Variante di Cerignola (dal km 709+000 al km 715+500) per il quale i lavori sono in corso.
- *SS 96 e SS 99*: consiste nell'adeguamento della direttrice Bari-Matera - 1° lotto (Altamura – Matera) alla sezione ex III delle norme del CNR/1980 (due carreggiate separate da spartitraffico per una larghezza complessiva della piattaforma pavimentata di 18,60 metri, vedi allegato B).
- *SS 7 via Appia*: Brindisi-Grottaglie 6° lotto; l'intervento consiste nel conferimento all'infrastruttura già esistente, delle caratteristiche autostradali (sezione stradale tipo "A" come in allegato B).
- *SS 291 della Nurra*: L'opera, che riguarda il tratto Sassari – Alghero/Aeroporto Fertilia, consiste nella realizzazione della nuova SS 291 ed è articolata in 4 lotti funzionali con sezione tipo "B" extraurbana, vedi allegato B.
- *Tangenziale Nord di Milano (Rho-Monza)*: la realizzazione del completamento tangenziale nord di Milano, utilizzando la Rho – Monza, chiude la tangenziale nord collegando la A52 (peduncolo in concessione a Milano – Serravalle spa) col sistema di

accessibilità autostradale del Polo fieristico e il raccordo diretto con A4, A8 e la Tangenziale Ovest.

- *Accessibilità stradale a Malpensa*: collegamento Malpensa SS 527 – A4 (Boffalora) – SS 11. L’opera che è in corso di realizzazione da parte dell’ANAS, è inserita tra gli interventi di breve periodo, con conclusione prevista al 2009.
- *Collegamento Lecco-Bergamo*: l’intervento si inserisce in un ampio programma di opere volte al riassetto della rete viaria del comparto territoriale relativo al sistema pedemontano e opere complementari. L’infrastruttura che sarà realizzata avrà le caratteristiche della sezione di tipo “C1”, vedi allegato B.
- *SS 182 “Trasversale delle Serre”*: completamento dell’itinerario da Soverato alla A3 – svincolo Serre, figura 5.2.21. I lavori, che riguardano un tratto di arteria di oltre 21 km, rientrano nell’ambito del più ampio e articolato programma di realizzazione dell’intera Trasversale, dallo Jonio al Tirrenio.

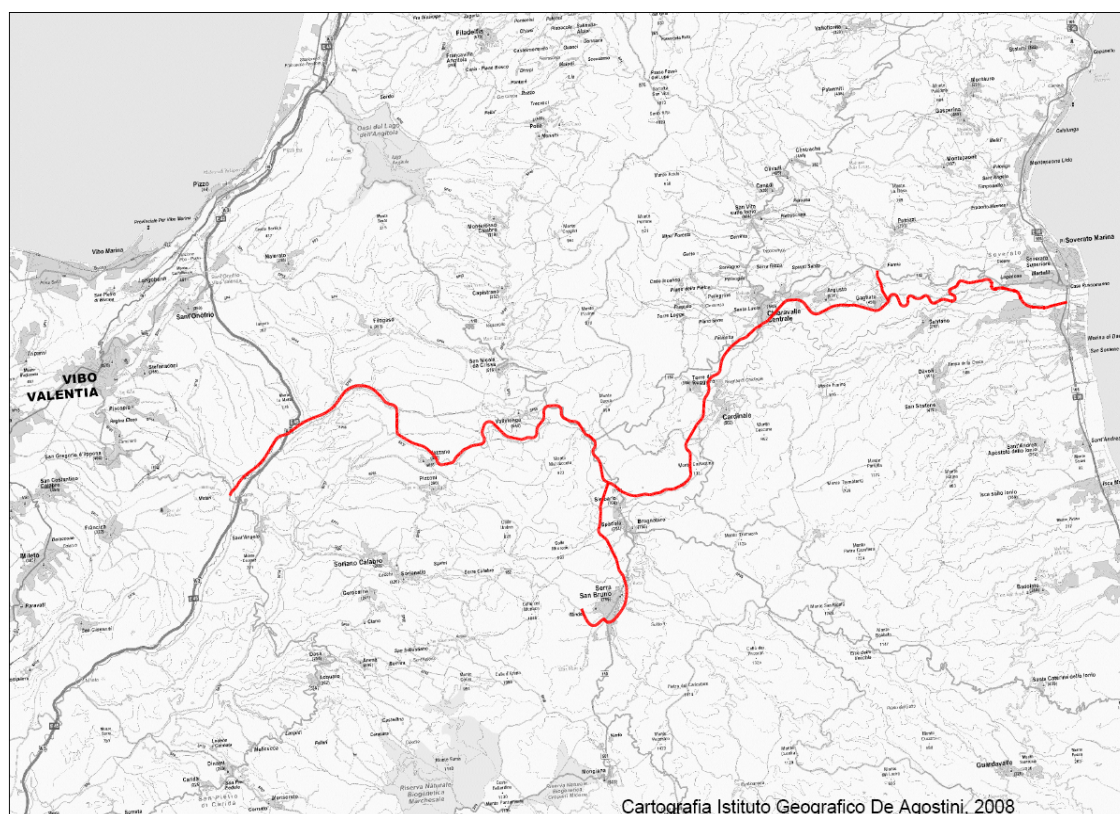


Figura 5.2.21. Rappresentazione del tracciato della SS 182 “Trasversale delle Serre”



- *Tangenziale di Varese*: collegamento SS 342 /233/344 della lunghezza di 10,680 km. L'opera è inserita tra gli interventi di breve periodo, con realizzazione al 2009. L'intervento è suddiviso in 2 tratte:
  - 1° tratto: Gazzada-Ponte di Vedano. La tipologia di sezione è 2 corsie per senso di marcia di una lunghezza totale di 4,800 km;
  - 2° tratto: Folla di Malnate-Valico di Gaggiolo. . La tipologia di sezione è 2 corsie per senso di marcia di una lunghezza totale di 5,880 km.
- *Autostrada Brescia-Bergamo-Milano (BreBeMi)*: il nuovo collegamento autostradale assicurerà il trasferimento tra Brescia e Milano e viceversa in meno di un'ora, figura 5.2.22. L'opera è inserita in un contesto di viabilità efficiente, interconnessa con il corridoio Trans-Europeo V ("Barcellona-Kiev"). L'intervento si propone, come obiettivo primario, di contribuire alla riduzione degli attuali livelli di congestione che caratterizzano la rete stradale e autostradale lungo la direttrice Milano-Brescia e di migliorare i collegamenti con i territori della provincia di Cremona.



Figura 5.2.22. Rappresentazione del nuovo collegamento BreBeMi e delle opere connesse

- *Superstrada Pedemontana Veneta* (figura 5.2.23): anche questa opera si sviluppa nel contesto del Corridoio europeo 5, ove la rete stradale nazionale mostra maggiori problemi a causa della forte saturazione delle arterie esistenti. Il progetto riguarda la realizzazione di una superstrada a pedaggio e si propone l'obiettivo di riordinare e riorganizzare l'intero sistema viario dell'intera area centrale veneta, congiungendo l'area vicentina a quella trevigiana, al fine di migliorare i livelli complessivi di qualità e di sicurezza in funzione delle esigenze della mobilità e dello sviluppo a livello locale, consentendo modifiche sostanziali all'assetto della mobilità stessa sull'intero Nord – Est italiano.

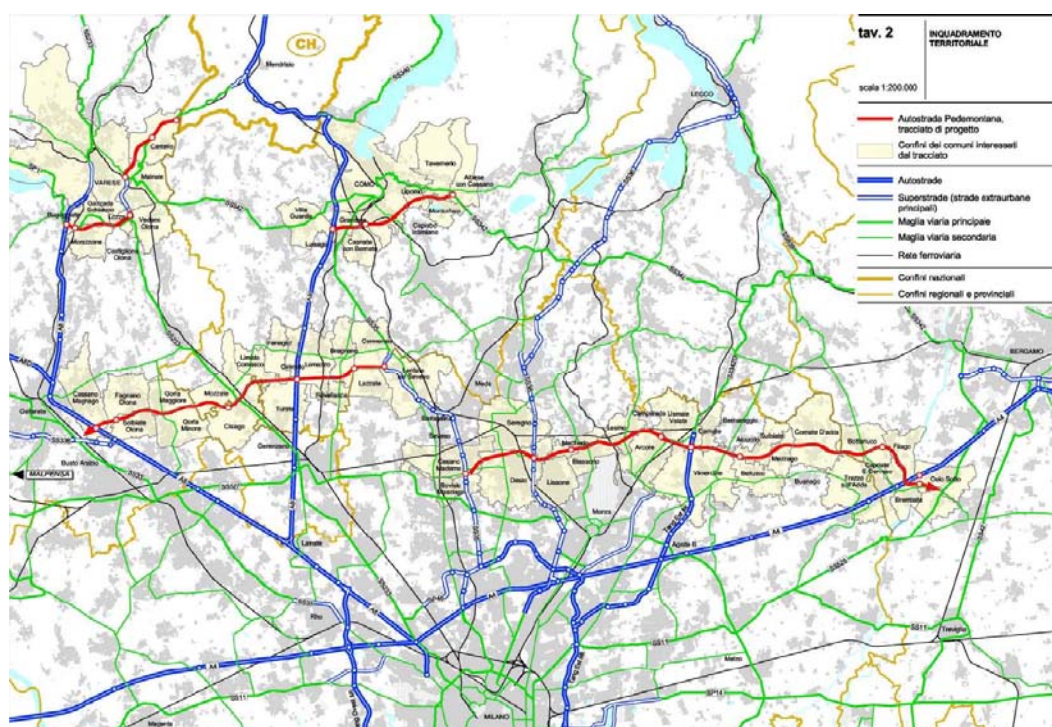


Figura 5.2.23. Tracciato della superstrada Pedemontana Veneta

- *Variante alla SS 16*: collegamento tra Montesilvano e Silvi Marina. La variante della SS 16 (circumvallazione di Pescara) attualmente in esercizio, termina a sud dell'abitato di Montesilvano in località Santa Filomena. Con la realizzazione del proseguimento fino all'abitato di Silvi Marina si risolverebbe il problema della viabilità congestionata nell'area metropolitana pescarese. Un primo tratto, già cantierizzato e per lo più completato, termina a ridosso del centro urbano di Montesilvano e si allaccia con la viabilità locale, sulla SS 16bis. Le fasi attuative dell'intervento sono articolate per lotti funzionali:

- 1° lotto: Montesilvano (SS 16 bis) – Svincolo di Città S. Angelo;
  - 2° lotto: Svincolo di Città S. Angelo – Svincolo di Silvi Marina sud;
  - 3° lotto: Svincolo di Silvi Marina sud - Svincolo di Silvi Marina nord.
- *Passante autostradale di Mestre* (figura 5.2.24): si tratta di un'opera fondamentale per risolvere i problemi di congestione del nodo di Mestre e costituisce un by-pass all'attuale tangenziale ormai a livello di saturazione. L'intervento consiste nella realizzazione della variante autostradale di Mestre, tra le località Pianiga/Mirano (sulla A4 Venezia-Padova) e Quarto d'Altino (sulla A4 Venezia-Trieste), per uno sviluppo complessivo di circa 32,3 km, nonché nel riordino del sistema della viabilità ordinaria in funzione della nuova arteria, che si interconnette con la citata autostrada A4 in corrispondenza delle barriere di Venezia Ovest e Venezia Est, nonché con l'autostrada A27. L'ANAS prevede di aprire al traffico l'asta principale entro il 31 dicembre 2008, consentendo la percorribilità dell'intero passante autostradale; per la fine del 2009 saranno concluse tutte le opere complementari, comprese i caselli.

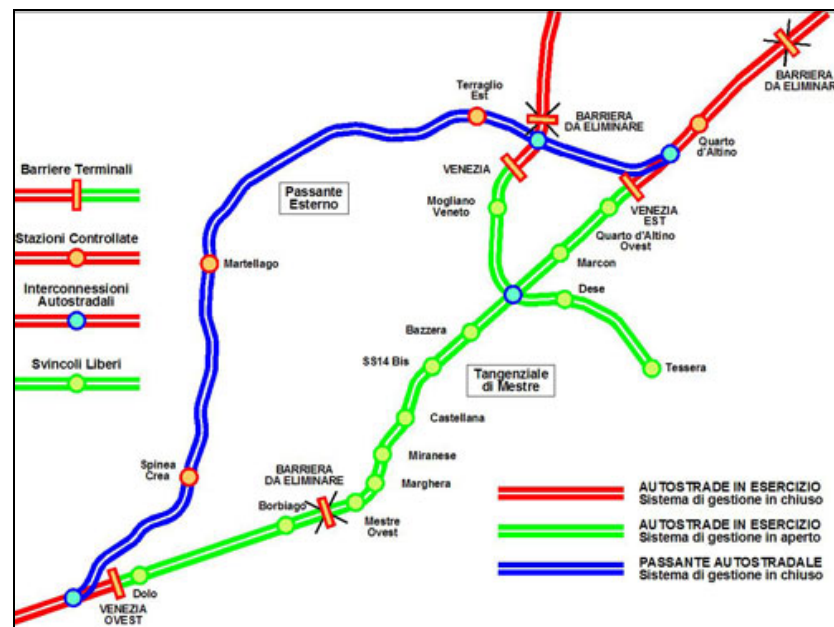


Figura 5.2.24. Rappresentazione del tracciato del nuovo Passante di Mestre

#### *5.2.2.2. Ferrovia*

Per quanto riguarda il trasporto su ferro, dal punto di vista infrastrutturale e tecnologico, molti interventi considerati possono ricondursi al raddoppio, all'ammodernamento ed all'adeguamento tecnologico di linee esistenti. Dal punto di vista del potenziamento dei servizi, gli indirizzi strategici sono orientati al recupero di parte della capacità residua delle linee tradizionali che verrà lasciata libera dall'introduzione del sistema ferroviario Alta Velocità/Capacità passeggeri, figura 5.2.25, il quale apporterà significative riduzioni dei tempi di percorrenza delle tratte, tabella 5.2.1. Tutti gli interventi ferroviari inseriti nel DSS sono stati riportati in allegato A.

L'*AV/AC Torino – Milano – Napoli* è una tratta di 950 Km di Linea Veloce in grado di avvicinare l'Italia agli altri Paesi europei che si sono avviati su questo tipo di infrastruttura. Sono previste, anche se in tempi più lunghi, le realizzazioni di cinque nuove stazioni AV (Torino Porta Susa entro il 2010, Bologna AV/AC entro il 2011, Firenze Belfiore entro il 2014, Roma Tiburtina entro il 2010, Napoli Afragola entro 2011) che cambieranno gli attuali assetti urbanistici, rendendo moderno ed "europeo" il sistema della mobilità nei centri urbani più importanti.

Figura 5.2.22. Tempi di percorrenza lungo le direttrici della linea AV/AC

Periodo apertura	Linea	Tempi di percorrenza
Da giugno 2008	Napoli-Salerno	30'
Da dicembre 2008	Milano-Bologna	1 ora
Da dicembre 2009	Torino - Milano	1 ora
	Bologna - Firenze	35'
	Firenze - Milano	1 ora 35'
	Roma - Napoli	1 ora 10'
	Roma - Milano (no stop)	3 ore
	Roma - Milano (con fermate)	3 ore 10'

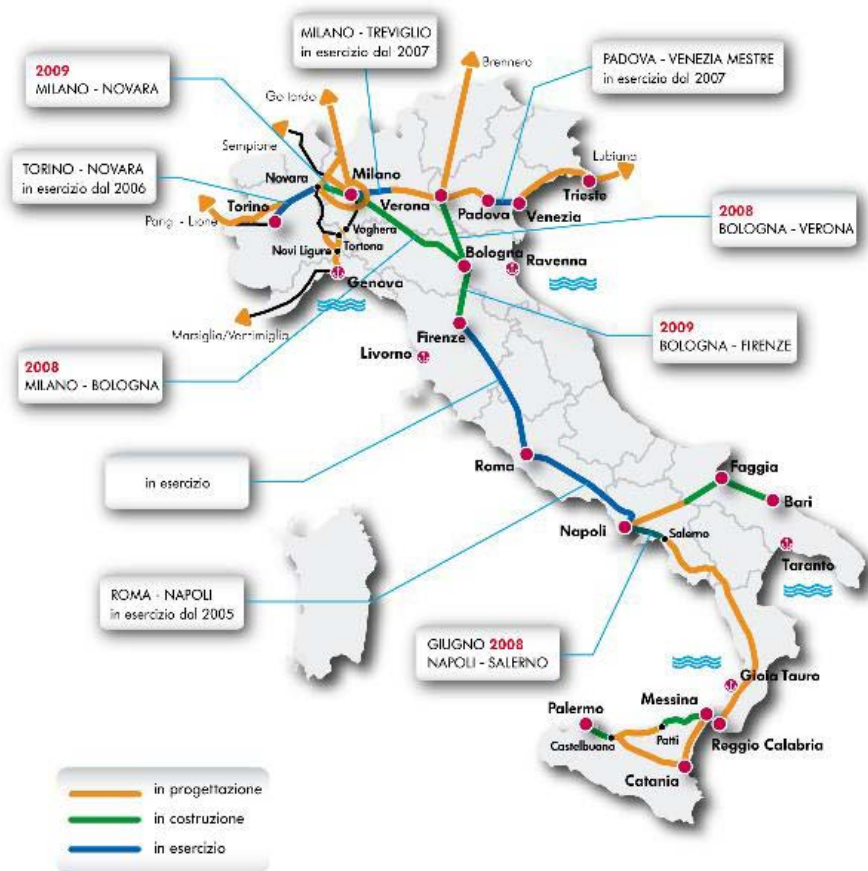


Figura 5.2.25. Il sistema AV/AC



La nuova configurazione della rete sarà un fattore decisivo per il riequilibrio modale del sistema nazionale dei trasporti, spostando viaggiatori e merci dalla strada alla rotaia, a tutto vantaggio della qualità del clima e della vita. I benefici non saranno solo per i viaggiatori della lunga percorrenza, ma anche per i pendolari. Il sistema AV/AC costituisce anche una grande opportunità di sviluppo per l'economia del Paese: accresce, infatti, il livello di produttività generale e la competitività del sistema Italia sul mercato internazionale. Le nuove linee veloci sono inserite nei principali corridoi europei della rete TEN (Trans European Network), figura 5.2.26:

- la linea Milano-Bologna-Firenze-Roma-Salerno è parte del Progetto Prioritario 1 / Corridoio I Berlino-Palermo (periodo di riferimento 2012);
- la linea Torino-Milano-Verona-Venezia è inserita nel Progetto Prioritario 6 / Corridoio V Lisbona-Kiev (periodo di riferimento 2020);
- la linea Milano-Genova (3° Valico dei Giovi) è prevista dal Progetto Prioritario 24 / Corridoio dei Due Mari Rotterdam-Genova (periodo di riferimento 2012).



Figura 5.2.26. Direttrici dei valichi alpini che fanno parte dei progetti prioritari

Nella nuova Europa allargata, le linee AV/AC giocheranno un ruolo fondamentale nel valorizzare la centralità, l'accessibilità e l'integrazione del territorio italiano e del suo sistema produttivo e logistico. Le due direttrici lungo cui si sviluppano le nuove linee, da Nord a Sud e da Ovest a Est, rappresentano infatti l'ideale crocevia di incontro tra il sistema portuale mediterraneo e Nord-europeo e tra l'Europa occidentale e i mercati in espansione dell'Europa dell'Est.

Il sistema AV/AC si svilupperà per circa 1.250 km di binari lungo gli assi ferroviari a maggior traffico del nostro Paese: la trasversale Torino-Venezia e la dorsale Milano-Napoli, con la sua antenna verso il porto di Genova. Inoltre il sistema interesserà ulteriori 2.200 km circa di linee, in parte nuove e in parte esistenti e da adeguare lungo i collegamenti transfrontalieri e quelli con il Mezzogiorno, tra Napoli, Bari e Reggio Calabria, fino a Palermo. Il sistema AV/AC, avviato alla fine degli anni Settanta con i 254 km della "Direttissima" Firenze-Roma, si è sviluppato con i 194 km della linea Roma-Napoli (figura 5.2.27), entrata in esercizio alla fine del 2005, e con gli 85 km della Torino-Novara, attivata nel febbraio 2006. A questi, sono da aggiungere i circa 29 km della Padova- Mestre e i 21 km della Pioltello-Treviglio, sull'Asse Milano-Venezia, attivati nel 2007. Entro il 2009 sarà operativa l'intera direttrice Torino-Milano-Napoli. Nel 2011 e nel 2014 saranno inoltre disponibili le linee passanti in galleria a Bologna e a Firenze, figura 5.2.28. I tempi di realizzazione per le tratte incluse nella parte italiana del Corridoio V dipenderanno dalla modulazione con la quale saranno rese disponibili le risorse finanziarie, mentre per il Terzo Valico dei Giovi, figura 5.2.29, l'attivazione è prevista per il 2012.

Infine, per la tratta AV/AC Napoli-Salerno, la nuova linea a Monte del Vesuvio, figura 5.2.30, attivata alla fine del 2007, consente il collegamento veloce tra le due città in sinergia con la linea AV/AC Roma-Napoli permettendo così il collegamento diretto Nord/Centro con il Meridione.

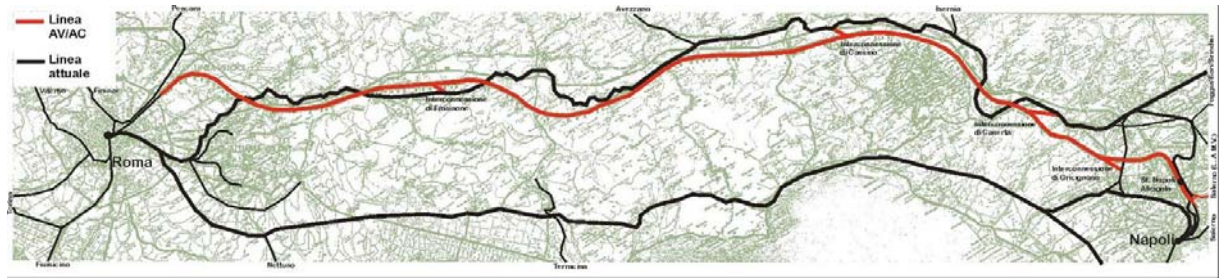


Figura 5.2.237. Tracciato Roma-Napoli

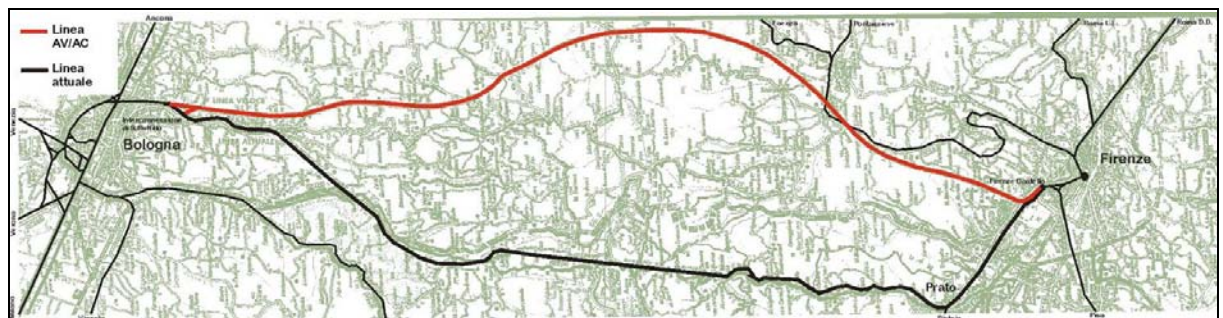


Figura 5.2.28. Tracciato Bologna-Firenze

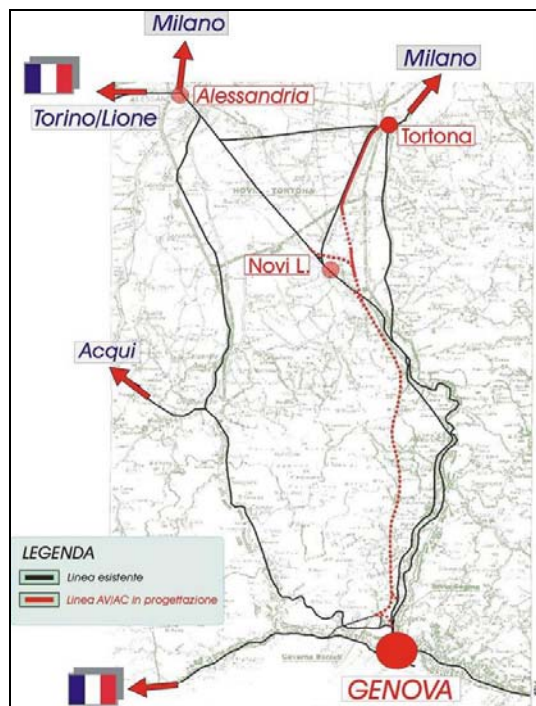


Figura 5.2.29. Tracciato del terzo valico di Giovi



Figura 5.2.30. Tracciato della nuova linea a Monte Vesuvio



Nei grandi nodi metropolitani di Torino, Bologna, Firenze, Roma e Napoli le stazioni destinate ad accogliere i treni AV sono state e saranno ristrutturate e riqualificate o integrate con stazioni completamente nuove progettate da architetti di grande fama, vincitori di concorsi internazionali di progettazione. Oltre alla funzione di terminali trasportistici e di complessi di alto pregio monumentale e architettonico, le nuove stazioni sono destinate a svolgere funzioni commerciali, culturali e di riqualificazione territoriale. Nuove stazioni per accogliere i treni AV sorgeranno anche a Bologna, in sotterranea, e a Reggio Emilia. Gli interventi in atto e progettati sulle stazioni AV sono:

- stazione AV/AC di *Torino Porta Susa* (figura 5.2.31): il progetto della nuova stazione è inserito nel piano di riassetto urbanistico attuato dal Comune e legato alla realizzazione del Passante ferroviario, al quadruplicamento e all'interramento dei binari esistenti con la creazione di un viale alberato realizzato al di sopra dei binari che ricucirà due parti di città, attualmente separate dalla linea ferroviaria. Il nuovo fabbricato viaggiatori sarà destinato a servire il principale traffico ferroviario di Torino, a livello regionale, nazionale e internazionale e i treni dell'Alta Velocità.



Figura 5.2.31. Immagine virtuale del progetto della stazione AV/AC di Torino Porta Susa

- stazione AV/AC di *Firenze Belfiore* (figura 5.2.32): la nuova stazione sorgerà nell'area di Belfiore ed è destinata a diventare il principale nodo di interscambio cittadino e regionale; sarà collegata alla stazione di Santa Maria Novella e al centro storico di Firenze da una nuova linea tranviaria e dai treni metropolitani di superficie. Il progetto avrà una "distribuzione verticale": lo spazio interno è aperto a tutta altezza

rendendo visibili i treni fin dalla superficie. Scale mobili e tapis roulant inclinati, attraverso percorsi segnati da diverse gradazioni di luce naturale e artificiale, collegano il piano del ferro (25 metri sotto il livello stradale) al piano terra, dove sono concentrati tutti i servizi di stazione e alle uscite verso i terminal degli autobus, la fermata del tram, i taxi, i parcheggi e le banchine dei treni regionali.



*Figura 5.2.32. Immagine virtuale del progetto della stazione AV/AC di Firenze Belfiore*

- stazione AV/AC di *Roma Tiburtina* (figura 5.2.33): la nuova stazione di Roma Tiburtina fa parte di un ampio intervento urbanistico concordato da Comune e Ferrovie dello Stato. Il progetto della stazione è l'occasione per creare una nuova centralità urbana, in grado di riconnettere due quartieri, Pietralata e Nomentano, storicamente separati dalla ferrovia. Alla stazione, pensata come una grande galleria aerea, è affidato il compito di ricucirli, sia attraverso il sistema di servizi contenuti al suo interno sia attraverso l'elemento del grande boulevard urbano, coperto e sopraelevato, che scavalca i binari. Completano l'intervento, che ha nella stazione il suo epicentro, complessi immobiliari, centri direzionali, hotel e la creazione di aree a verde, attrezzate con servizi culturali, sociali sportivi e ricreativi.



*Figura 5.2.33. Immagine virtuale del progetto della stazione AV/AC di Roma Tiburtina*

- stazione AV/AC di *Napoli Afragola* (figura 5.2.34): la nuova stazione di Napoli Afragola, la “porta” partenopea dell’AV, sorgerà 3 km a nord di Napoli e costituirà un'occasione di riqualificazione territoriale dell'area dell’interland napoletano. Napoli Centrale rimarrà la stazione che accoglierà i treni veloci diretti al cuore della città mentre Napoli Afragola funzionerà come nodo di scambio con le linee veloci verso sud e con i servizi ferroviari regionali. Il progetto di Zaha Hadid si connota come segno architettonico di forte identità per tutto il territorio. La stazione è concepita come un ponte che, vitalizzato dalle funzioni commerciali, segna un percorso entro un volume di calcestruzzo e vetro che assicura la connessione del tessuto urbano scavalcando la ferrovia.



*Figura 5.2.34. Immagine virtuale del progetto della stazione AV/AC di Napoli Afragola*

- stazione AV/AC di *Bologna* (figura 5.2.35): per potenziare il nodo ferroviario, anche la Stazione Centrale di Bologna sarà oggetto di importanti trasformazioni sia sotto l'aspetto architettonico che tecnologico. La stazione per le nuove linee veloci, posta 23 m sotto la superficie, è la chiave di volta di tutto il progetto di potenziamento del nodo di Bologna. Sarà riservata ai treni a media/lunga percorrenza e sarà situata in corrispondenza dell'attuale piazzale della stazione Centrale nell'area occupata dagli ultimi cinque binari, dal lato di via Carracci. La nuova stazione AV/AC, in sotterranea, si inserisce in un più complessivo intervento sulla stazione di Bologna che prevede la realizzazione di un nuovo complesso integrato di stazione (complessivamente 42.000 mq) come fulcro della mobilità in cui convergano i traffici ferroviari nazionali e internazionali, l'Alta Velocità, quelli regionali e metropolitani e il trasporto pubblico urbano.



*Figura 5.2.35. Immagine del progetto della stazione AV/AC di Bologna*

- stazione AV/AC a *Reggio Emilia* (figura 5.2.36): la nuova stazione in linea lungo la Milano-Bologna è stata orientata alla riqualificazione territoriale e trasportistica del territorio con l'affidamento della progettazione, su impulso delle autorità locali, all'architetto Santiago Calatrava, autore anche dei tre progetti per i ponti di scavalco dell'autostrada. La stazione sarà servita da nuove strade e parcheggi - costruite dagli enti territoriali - per consentire ai passeggeri del futuro servizio l'interscambio con altri mezzi di trasporto nell'ottica di far confluire a Reggio Emilia la linea veloce, la linea del Servizio Ferroviario Regionale Reggio Emilia-Guastalla, bus e pulmann locali, nonché flussi provenienti dall'adiacente autostrada A1.



*Figura 5.2.36. Immagine virtuale del progetto della stazione AV/AC di Reggio Emilia*

Il progetto AV/AC, in assoluto il più importante ed esteso dal dopoguerra ad oggi, non si è limitato a minimizzare l'impatto della nuova infrastruttura, ma ha puntato anche a migliorare la qualità ambientale, urbanistica e infrastrutturale del territorio. Le nuove linee saranno strettamente collegate alla rete esistente e ai principali centri di interscambio come i porti, gli aeroporti e gli interporti. Le interconnessioni faranno da interfaccia tra la rete veloce e quella storica. Una coppia di binari, nuovi o da adattare, assicurerà l'interscambio funzionale tra le due linee, consentendo soluzioni di percorso alternative per i treni passeggeri e un supporto strategico nel trasporto delle merci. La continuità del servizio sarà resa disponibile da convogli interoperabili, pluritensione e dotati dei sistemi di sicurezza attivi su tutta l'infrastruttura.

L'interconnessione della rete AV/AC con la rete tradizionale, oltre a garantire un collegamento adeguato e strutturato dei grandi terminali, realizza un sistema integrato in grado di aggregare una domanda di mobilità sempre più flessibile. Sulle nuove linee tra Torino, Milano e Napoli sono previste 24 interconnessioni con la rete esistente per un totale di circa 77 km.

La graduale disponibilità di nuove linee avrà come conseguenza la decongestione delle linee tradizionali. Così potranno liberarsi nuovi spazi di circolazione per i treni regionali, metropolitani e per quelli merci. Sulle nuove direttrici quadruplicate tra Torino, Milano e Napoli, e nei prossimi anni tra Milano e Venezia, la capacità di movimento ferroviario sarà

più che raddoppiata. Dare più spazio ai treni significa avviare concretamente quel riequilibrio modale del sistema dei trasporti nazionale, oggi sbilanciato a favore della gomma. Per rispondere alle diverse esigenze, i caratteri progettuali e funzionali delle nuove linee sono definiti in modo da garantire:

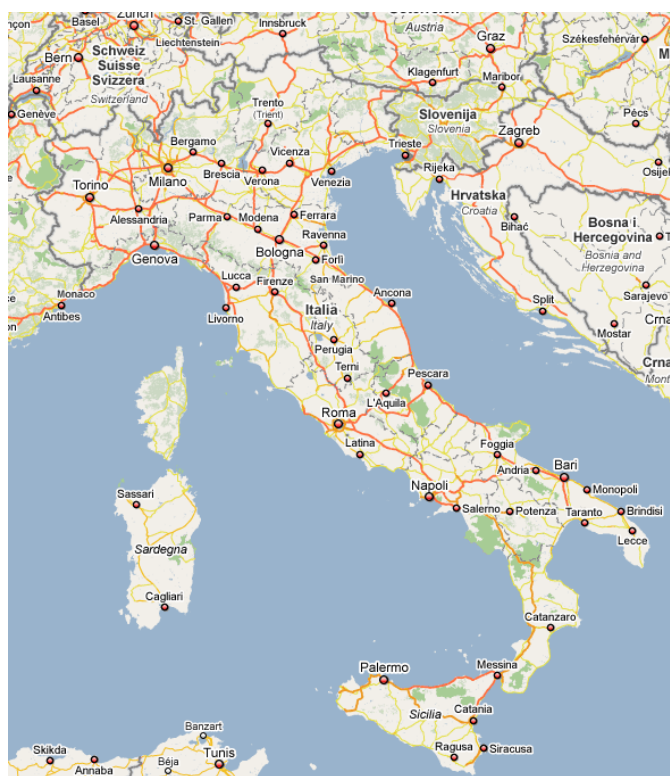
- la piena integrazione con la rete europea e con la ferrovia esistente;
- l'aumento della qualità e della quantità dei servizi per passeggeri e merci sulle lunghe e brevi distanze;
- il miglioramento della mobilità nelle aree metropolitane e la riqualificazione delle stazioni;
- la massima qualità architettonica e ingegneristica delle opere;
- il migliore inserimento nell'ambiente e nel territorio;
- la salvaguardia del patrimonio archeologico.

I nuovi progetti di valico trans-europeo, che comunque non sono stati oggetto dell'applicazione, consentiranno l'inserimento delle nuove linee AV/AC della rete ferroviaria italiana nei corridoi transeuropei della rete TEN (Trans European Network):

- Frejus tra Francia e Italia;
- Lötschberg e Gottardo tra Italia e Svizzera;
- Brennero tra Italia e Austria;
- Transito di Ventimiglia verso la Francia e la Spagna;
- Transiti di Tarvisio e Villa Opicina verso l'Europa dell'Est e la Slovenia.

### 5.3. L'AREA DI STUDIO E ZONIZZAZIONE

Il primo passo per la modellizzazione di un sistema di trasporto è l'individuazione della cosiddetta area di studio. Essa viene definita come la porzione del territorio in cui si esauriscono la maggior parte degli effetti trasportistici di qualsiasi intervento progettato nel suo interno. Nell'ambito di questa tesi, tale area è costituita da tutto e solo il territorio nazionale, figura 5.3.1, e verranno presi in considerazione solamente gli spostamenti extraprovinciali all'interno di tale area (escludendo in tal modo gli spostamenti intrazonali e quelli di scambio con l'estero).



*Figura 5.3.1. Mappa dell'Italia estratta da Google Maps*

Il secondo passo consiste nella definizione della zonizzazione dell'area di studio. Per consentire la modellizzazione del sistema occorre discretizzare il territorio suddividendo l'area di studio in zone di traffico fra le quali si svolgono gli spostamenti che riguardano il sistema di progetto. Ogni zona di traffico viene rappresentata con un punto (centroide di zona) che identifica l'origine e la destinazione della molteplicità degli spostamenti fra le zone (spostamenti interzonali) diffusi su tutta l'area di studio. Tutti gli spostamenti stimati dai

modelli con origine in una zona si riterranno in partenza dal relativo centroide; analogamente per le destinazioni. Nell'ambito di tale lavoro non è stata effettuata alcuna ripartizione dell'area di studio in zone di traffico in quanto è stata presa come invariante la zonizzazione presente in SIMPT costituita da 267 zone di traffico, figura 5.3.2. Per ogni provincia italiana si trovano due differenti zone di traffico concentriche in cui all'interno si trova il comune mentre la restante zona rappresenta il resto della provincia, a parte per le città GAM (grandi aree metropolitane) quali Roma, Milano, Genova, Torino, Napoli, Palermo, il cui comune è formato da più zone, come precedentemente esposto nel capitolo 3. Allo stato attuale (i dati della domanda risalgono al 2005) la popolazione residente nell'area di studio è di circa 57.000.000 distribuiti nelle suddette 267 zone di traffico.

Nella fase di individuazione del sistema di trasporto, oltre all'identificazione dell'area di studio e della relativa zonizzazione, è importante identificare il periodo temporale di riferimento. In tale esempio di applicazione si è scelta l'intera giornata feriale media del periodo invernale, e su questa, nel seguito, verrà descritta la domanda.



*Figura 5.3.2. Zonizzazione del territorio italiano in SIMPT*



## 5.4. ANALISI DEMOGRAFICA, SOCIO-ECONOMICA E TERRITORIALE

L'analisi della situazione demografica del territorio nazionale, avente una superficie totale di circa 300.000 km<sup>2</sup>, ha rilevato nel periodo di riferimento individuato un numero di abitanti pari a 57.000.000 distribuiti sul territorio con una densità media che è poco meno di 200 abitanti per km<sup>2</sup>.

In questa tesi non vengono esplicitamente riportate le caratteristiche demografiche e socio-economiche per singola zona, visto l'elevato numero di zone facenti parte dell'area di studio, quindi, queste saranno semplicemente riportate delle mappe tematiche che rappresentano graficamente tali informazioni. La tavola 5.1 rappresenta la zonizzazione del SIMPT. La tavola 5.2 mostra la popolazione presente nelle zone di traffico in cui è stata suddivisa l'area di studio.

Nelle tabelle 5.4.1 - 5.4.3 si riportano quantitativamente le caratteristiche socio-economiche delle città GAM. Da esse si evince come Roma sia la città italiana che attrae ed emette il maggior numero di spostamenti. Essa, avente una popolazione che è maggiore del doppio rispetto alle altre città, ha un numero di addetti (che rappresentano una misura di attrazione) di circa 2.000.000 di unità, di cui la maggior parte fanno parte del settore servizi. Per quanto riguarda il numero di occupati, Roma mantiene sempre il primato rispetto alle altre città ma, a seguito di un'analisi comparativa (rapporto tra il numero degli occupati e la popolazione residente) si può vedere come viene preceduta dalle città del Nord. Infatti si ottengono le seguenti percentuali, in ordine decrescente:

- Milano: 40,46%
- Torino: 38,44%;
- Roma: 35,43%;
- Genova: 34,02%
- Palermo: 24,47%;
- Napoli: 22,51%.

Sia nella tabelle sottostanti che in quest'analisi, Napoli e Palermo risultano rappresentative della realtà socio-economica del Sud Italia carente di infrastrutture e servizi (vedi la voce turismo), con redditi familiari bassi e livelli di disoccupazione elevati, soprattutto se messe a paragone con le città del Nord Italia. Per quanto riguarda l'università, le città GAM tranne Genova e Palermo presentano una buona offerta universitaria (stud univ) ma Roma spicca per il numero di persone residenti iscritte ad atenei universitari. Interessante è notare, anche in questo contesto, i risultati dell'analisi comparativa (rapporto tra il numero di persone residenti iscritte all'università e la popolazione della città) che mostrano dei valori inversi rispetto all'occupazione (o si è occupati oppure iscritti all'università):

- Roma: 3,68%;
- Napoli: 2,93%;
- Genova: 2,73%
- Milano: 2,71%
- Palermo: 2,37%;
- Torino: 2,22%.

Per quanto riguarda la voce del reddito familiare è bene notare che essa viene espressa in migliaia di Euro all'anno.

In ultimo si vuol fare notare come Genova sia tra le città italiane quella maggiormente attrezzata turisticamente; ciò la rende una città fortemente attrattiva. Consapevole delle potenzialità cittadine in ambito marittimo, l'amministrazione locale ha intuito che nel turismo si può celare un motore economico e quindi ha investito in questo campo (l'acquario di Genova è il più grande d'Italia e tra i maggiori d'Europa).

Per completezza di trattazione è stata riportata la tabella 5.4.3 in cui si trovano il numero di famiglie, suddivise per numero di componenti, per ogni città GAM. Tali informazioni servono principalmente per la procedura di espansione del campione prototipale alla popolazione (paragrafo 4.2.1) e non tanto per la descrizione delle caratteristiche socio-economiche italiane.

*Figura 5.4.1. Caratteristiche socio-economiche delle città GAM: popolazione, redditi familiari, numero posti letto*

CITTA_GAM	POPOLAZ	ESERC TUR	LETTI TUR	LETTI SAN	FAM REDD <20	FAM REDD 20-40	FAM REDD >40
genova	799.978	<b>5.018</b>	29.230	10.479	215.342	99.488	12.436
milano	1.369.231	434	37.764	14.549	303.622	235.658	44.609
napoli	1.067.365	127	8.795	13.867	250.212	62.007	157
palermo	698.556	95	6.861	7.292	163.698	55.626	110
roma	<b>2.775.250</b>	3.347	93.173	27.938	646.345	322.553	63.601
torino	962.507	299	10.963	8.165	259.745	123.176	22.931

*Figura 5.4.2. Caratteristiche socio-economiche delle città GAM: studenti universitari, addetti e occupati*

CITTA_GAM	STUD UNI	STUD UNI RES	OCC ALTI	OCC BASSI	OCC TOTALI	ADD IND	ADD COMM	ADD SERV	ADD AGR	ADD TOTALI
genova	40.486	21.810	65.848	206.341	<i>272.189</i>	109.365	58.697	103.339	32	<i>271.433</i>
milano	182.346	37.046	152.998	400.978	<i>553.976</i>	353.206	204.159	406.628	0	<i>963.993</i>
napoli	131.336	31.312	62.279	177.929	<i>240.208</i>	57.432	59.518	156.130	0	<i>273.080</i>
palermo	50.935	16.557	40.642	130.306	<i>170.948</i>	28.676	38.904	91.759	0	<i>159.339</i>
roma	<b>215.576</b>	<b>102.131</b>	231.823	751.433	<b>983.256</b>	311.886	202.184	<b>1.500.354</b>	0	<b>2.014.424</b>
torino	94.305	21.330	82.147	287.825	<i>369.972</i>	255.971	77.149	257.441	0	<i>590.561</i>

*Figura 5.4.3. Caratteristiche socio-economiche delle città GAM: numero di componenti familiari*

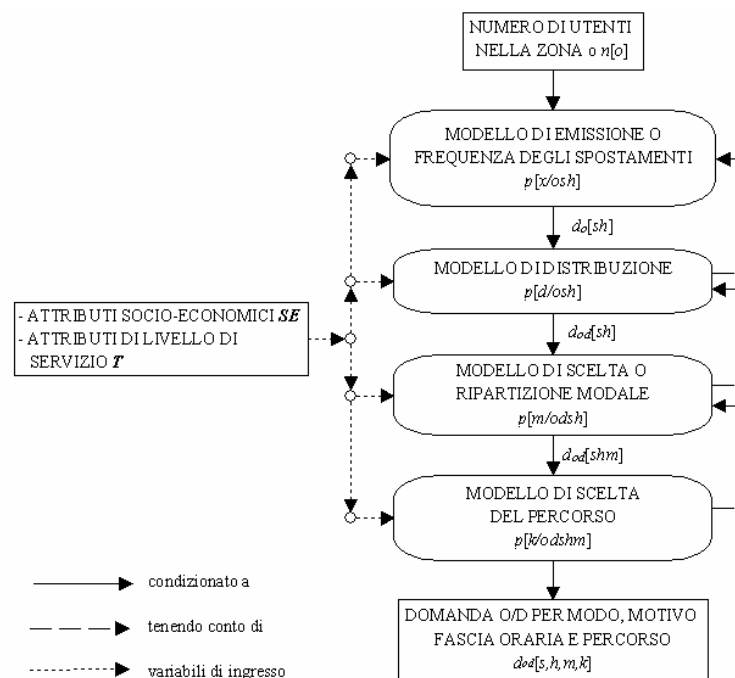
CITTA_GAM	FAM COMP1	FAM COMP2	FAM COMP3	FAM COMP4	FAM COMP5	FAM COMP6	TOT FAM
genova	88.233	96.402	78.556	49.962	11.203	2.910	<i>327.266</i>
milano	186.650	163.516	123.829	86.116	18.973	4.805	<i>583.889</i>
napoli	46.124	59.516	56.964	75.648	44.184	29.940	<i>312.376</i>
palermo	35.742	45.668	43.744	54.835	26.512	12.933	<i>219.434</i>
roma	254.952	253.003	222.605	221.451	62.269	18.219	<b>1.032.499</b>
torino	125.159	114.009	88.766	62.210	12.436	3.272	<i>405.852</i>

## 5.5. LA DOMANDA DI TRASPORTO

Per domanda di trasporto  $d_{o,d}^i(shmk)$  si intende il numero medio di spostamenti extraprovinciali effettuati dal generico utente di classe  $i$  tra la zona di residenza  $o$  e la destinazione  $d$  per il motivo  $s$  nel periodo di riferimento  $h$ , con il modo  $m$  ed il percorso  $k$ , che può essere calcolato come:

$$d_{o,d}^i(shmk) = \sum_x xp^i(x / osh)(SE, T) \cdot p^i(d / osh)(SE, T) \cdot p^i(m / oshd)(SE, T) \cdot p^i(k / oshdm)(SE, T)$$

Questa domanda è stata calcolata a valle del sistema di modelli a quattro stadi, figura 5.5.1, (emissione, distribuzione, scelta modale e scelta del percorso) descritto nel capitolo 4, che è in grado di descrivere con buona approssimazione il comportamento degli utenti attraverso l'utilizzo di funzioni di utilità ad hoc che fanno uso di variabili socioeconomiche ed attributi di livello di servizio (prestazioni del sistema dei trasporti).



*Figura 5.5.1. Il sistema di modelli a quattro stadi*

Gli utenti del sistema di trasporto sono costituiti dalla popolazione con età maggiore di 14 anni che è stata suddivisa in 4 categorie socio-economiche di utenti ( $i$ ) individuate in base al tipo di attività svolta:

- occupato alto;
- occupato basso;
- studenti universitari;
- altri componenti  $\geq 14$ .

Le zone di residenza ( $o$ ) e di destinazione ( $d$ ) sono quelle facenti del territorio nazionale della zonizzazione del SIMPT. I motivi dello spostamento considerati sono:

- lavoro posto fisso (LPF);
- altri motivi di lavoro (AML);
- corsi universitari (CU);
- tempo libero, turismo e vacanza (TLT);
- altri motivi (AM) come cure personali, accompagnamento familiari/amici,...

Nella tabella sottostante, tabella 5.5.1, per ogni categoria di utente  $i$ , vengono riportati i possibili motivi  $s$  di spostamento.

Tabella 5.5.1. Motivi dello spostamento per ogni categoria di utente

	Motivi					
	LPF	AML	CU	TLT e vacanza (inverno)		AM
				Turismo (estate)	Vacanza (estate)	
Occupati (basso e alto)	Si	Si		Si	Si	Si
Studenti universitari			Si	Si	Si	Si
Altri > 14				Si	Si	Si

Nel presente lavoro di tesi, il periodo di riferimento  $h$  su cui viene calcolata la domanda è stato assunto come un'intera giornata feriale (media) facente parte del periodo invernale dell'anno 2005 (anno in cui sono state effettuate le indagini campionarie per l'aggiornamento della base dati delle caratteristiche socioeconomiche). Infine, i modi  $m$  con cui è possibile effettuare lo spostamento sono:

- auto propria;
- bus extraprovinciale;
- treno, frutto dell'aggregazione delle varie tipologie di treno (quali lento, veloce e notturno);
- aereo.

Per quanto riguarda le variabili socioeconomiche considerate per il calcolo della domanda di trasporto, sono:

- popolazione residente
- popolazione di età >14
- numero esercizi turistici
- numero posti letto esercizi turistici

- numero posti letto in istituti sanitari
- numero famiglie con reddito 0-20 (espresso in migliaia di Euro)
- numero famiglie con reddito 20-40 (espresso in migliaia di Euro)
- numero famiglie con reddito >40 (espresso in migliaia di Euro)
- numero famiglie con 1 componente
- numero famiglie con 2 componenti
- numero famiglie con 3 componenti
- numero famiglie con 4 componenti
- numero famiglie con 5 componenti
- numero famiglie con 6 e più componenti
- numero iscritti università
- numero studenti universitari residenti
- numero occupati fascia alta
- numero occupati fascia bassa
- numero addetti all'industria
- numero addetti al commercio
- numero addetti ai servizi
- numero addetti all'agricoltura.

A partire dai dati disponibili riferiti a tutte le precedenti variabili, è stato possibile analizzare la domanda attuale. In particolare si è potuto vedere come la maggior parte degli spostamenti nazionali (76,1%) avvengono con modo auto (4.200.000 circa su 5.500.000 circa), tabella 5.5.2 e figura 5.5.2. Se questo dato viene incrociato con il motivo dello spostamento, tale percentuale assume valori differenti; infatti, sale intorno all'80% per tutti i

motivi tranne per i corsi universitari in cui la percentuale di spostamenti in autovettura scende fino al 30% circa. Gli “studenti universitari” (che rappresentano il motivo studio) utilizzano per il 70% il trasporto pubblico (28,5% bus extraprovinciali e 40% treno), tabella 5.5.3 e figura 5.5.3. Per comprendere la ragione di tali valori occorre ricordare che in questo numero di spostamenti non sono considerati quelli che avvengono all’interno della medesima zona di traffico e quindi è verosimile che gli studenti universitari residenti in zone differenti da quella in cui è situata la propria università preferiscano raggiungere la destinazione non con auto privata, ma piuttosto con il trasporto pubblico. Si evidenzia inoltre come utenti fortemente sensibili alla componente del costo monetario dello spostamento non scelgano (o comunque lo fanno raramente) di utilizzare il modo aereo nonostante la conformazione geografica dell’Italia (stretta e lunga con due isole maggiori) in cui alcune distanze in linea d’aria all’interno del territorio nazionale arrivano fino a 1.000 km (ad esempio Torino-Lecce) e le due isole sono raggiungibili alternativamente solo via mare.

In fondo alla tabella 5.5.3 sono riportate le percentuali degli spostamenti di ogni motivo rispetto al totale. Si noti come il motivo lavoro (lavoro posto fisso e altri motivi di lavoro) rappresenti il 53% circa degli spostamenti extraprovinciali nazionali. La percentuale degli spostamenti per tempo libero e turismo, pressoché simile a quella per corsi universitari, evidenzia un motore economico fortemente presente nel nostro Paese: il turismo. Nella figura 5.5.4 sono riportate graficamente le percentuali di scelta modale per ogni motivo di spostamento i cui valori si trovano nella tabella 5.5.3.



Tabella 5.5.2. Ripartizione modale degli spostamenti nazionali di un giorno feriale medio del periodo invernale.

MODO	SPOSTAMENTI	PERCENTUALE
auto propria	4.206.499	76,1%
bus extraprov	465.954	8,4%
treno	804.388	14,6%
aereo	49.638	0,9%
<b>tutti modi</b>	<b>5.526.479</b>	<b>100,0%</b>

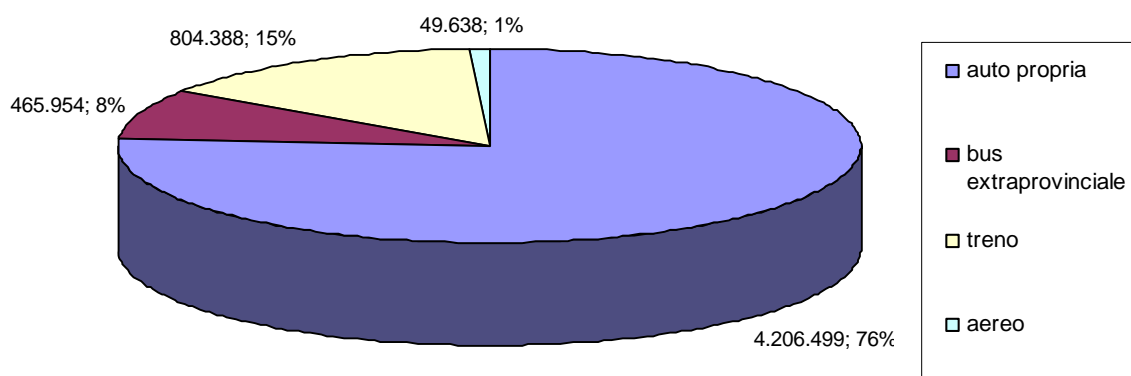
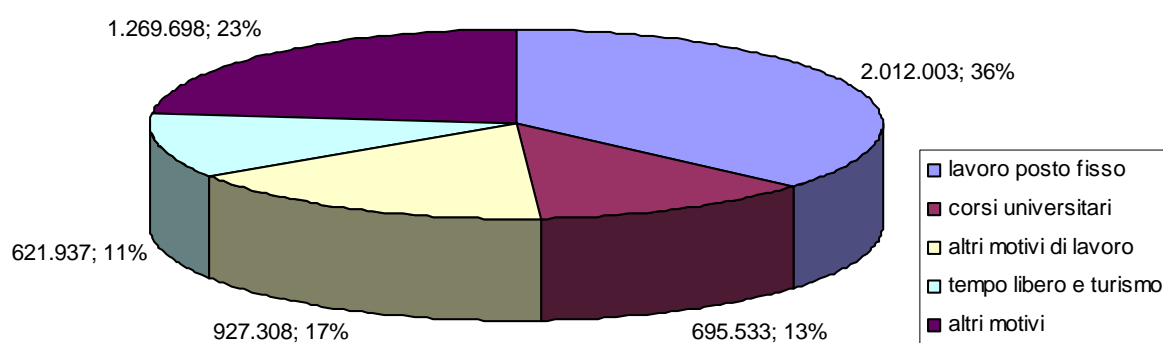


Figura 5.5.2. Ripartizione modale di tutti gli spostamenti nazionali di un giorno medio feriale del periodo invernale

*Tabella 5.5.3. Ripartizione motivazionale degli spostamenti nazionali di un giorno medio feriale del periodo invernale.*

MODO	LPF	CU	AML	TLT	AM
auto propria	1.653.852; 82,2%	219.169; 31,5%	789.839; 85,2%	529.822; 85,2%	1.013.817 79,8%
bus extrapro	116.237; 5,8%	197.965; 28,5%	17.470; 1,9%	28.468; 4,6%	105.814; 8,3%
treno	241.914; 12%	278.399;40%	84.401;9,1%	61.528;9,9%	138.146;10,9%
aereo	0 ; 0%	0 ; 0%	35.598 3,8%	2.119 0,3%	11.921 0,9%
<b>tutti modi</b>	<b>2.012.003</b>	<b>695.533</b>	<b>927.308</b>	<b>621.937</b>	<b>1.269.698</b>
<b>% motivo</b>	36,4%	12,6%	16,8%	11,3%	23,0%



*Figura 5.5.3. Ripartizione motivazionale di tutti gli spostamenti nazionali di un giorno medio feriale del periodo invernale*

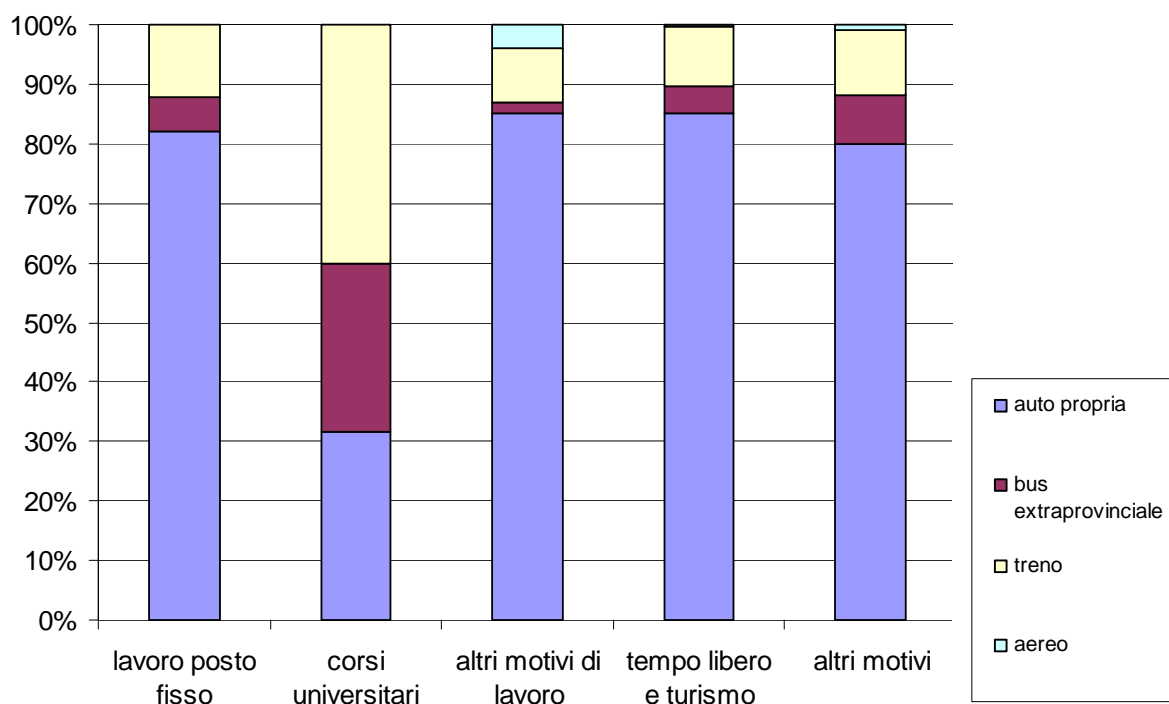


Figura 5.5.4. Percentuali di scelta modale per ogni motivo di spostamento

Aggregando gli spostamenti sulle regioni e sulle città GAM si è notato come il numero degli emessi è quasi il medesimo degli attratti. Ciò accade perché il periodo di riferimento preso è l'intera giornata, quindi in essa sono presenti gli spostamenti sia di andata che di ritorno. Se invece si fosse fatta l'analisi solamente su determinate fasce orarie all'interno della giornata, come ad esempio l'ora di punta mattutina, tale situazione sarebbe rilevantemente differente. Nel seguito quindi sono state riportate solamente le tabelle con i valori, tabella 5.5.4 e figura 5.5.5, e i rispettivi grafici di rappresentazione, tabella 5.5.5 e figura 5.5.6, delle emissioni delle regioni e delle città GAM, tralasciando le attrazioni. Le regioni che forniscono rilevanti spostamenti in emissione (vale analogamente per l'attrazione) sono: al Nord Emilia Romagna, Lombardia, Piemonte e Veneto, al Centro Toscana e Lazio e al Sud la Campania; tra tutte queste regioni comunque spicca la Lombardia (la regione più popolosa d'Italia) il cui peso è dovuto non solo per la presenza di Milano (città GAM con elevato tasso di emissione) ma anche grazie a tutte le altre province che la compongono (Bergamo, Brescia, Como, Cremona, Lecco, Lodi, Mantova, Milano, Monza e Brianza, Pavia, Sondrio e Varese). La diminuzione delle emissioni da Nord a Sud dimostra lo squilibrio esistente all'interno del paese Italia. Se la domanda, come si è visto, è funzione di variabili socio-economiche, ciò

vuol dire che il Sud Italia è caratterizzato da minori opportunità economiche (maggiore tasso di disoccupazione, redditi familiari inferiori, scarse possibilità di lavoro, maggior numero di componenti per famiglia), sociali (minor numero di esercizi turistici e relativi posti letto, minor numero di posti letto ospedalieri) e trasportistiche (minore dotazione infrastrutturale o comunque inadeguate alle esigenze locali) rispetto al centro e soprattutto al Nord. Andando ad analizzare le città GAM si può vedere come Milano e Roma polarizzino ciascuna quasi il 3% degli spostamenti nazionali; ciò è dovuto dalla presenza in esse di un numero elevato di residenti, di occupati, di addetti (in quanto il territorio offre notevoli possibilità di lavoro), di studenti universitari, come si può vedere dalle tavole 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5. Per tali motivi esse risultano essere tra le città italiane con maggiori criticità relative alle problematiche del traffico.

*Figura 5.5.4. Numero di spostamenti emessi da ogni regione e percentuale rispetto al totale nazionale.*

REGIONE di ORIGINE	EMISSIONI TOTALI	PERCENTUALE
ABRUZZO	187.496	3,4%
BASILICATA	55.026	1,00%
CALABRIA	138.798	2,5%
CAMPANIA	447.520	8,1%
EMILIA_ROMAGNA	511.545	9,3%
FRIULI	164.583	3,00%
LAZIO	423.212	7,7%
LIGURIA	147.975	2,7%
LOMBARDIA	998.058	18,1%
MARCHE	150.346	2,7%
MOLISE	39.954	0,7%
PIEMONTE	456.169	8,3%
PUGLIA	231.879	4,2%
SARDEGNA	112.610	2,0%
SICILIA	315.076	5,7%
TOSCANA	461.663	8,4%
TRENTINO	89.175	1,6%
UMBRIA	80.707	1,5%
VAL_AOSTA	11.850	0,2%
VENETO	502.837	9,1%
<b>totale</b>	<b>5.526.479</b>	<b>100,0%</b>

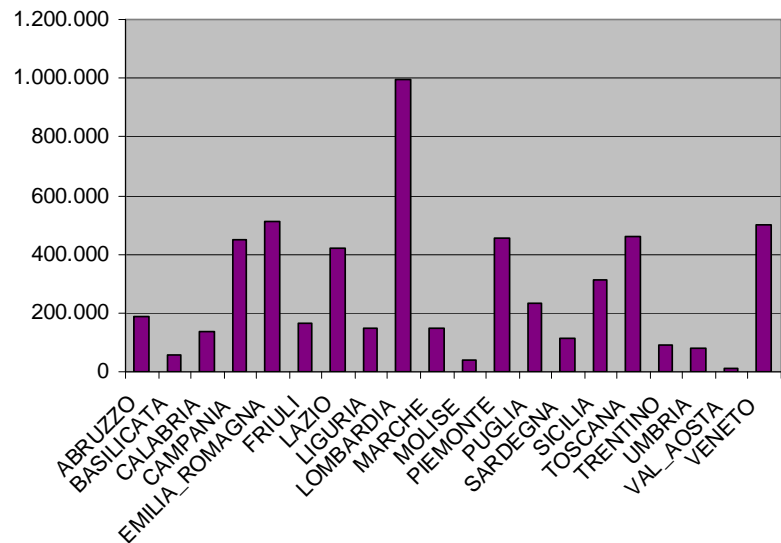


Figura 5.5.5. Totale degli spostamenti emessi da ogni regione nel periodo di riferimento.

Tabella 5.5.5 Tabella. Numero di spostamenti emessi da ogni città GAM e percentuale rispetto al totale nazionale.

GAM di ORIGINE	EMESSI	?: EMESSI/ TOT. EMISSIONI NAZIONALI
GENOVA	52.714	1,0%
MILANO	155.023	2,8%
NAPOLI	82.126	1,5%
PALERMO	36.825	0,7%
ROMA	156.638	2,8%
TORINO	72.721	1,3%
TUTTA ITALIA	5.526.479	100.0%

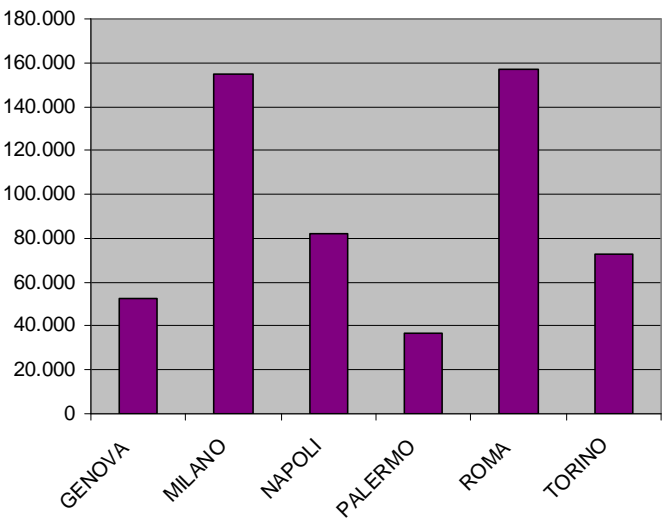


Figura 5.5.6. Totale degli spostamenti emessi da ogni città GAM nel periodo di riferimento.

## 5.6. L'OFFERTA DI TRASPORTO

### 5.6.1. ANALISI DELL'OFFERTA ATTUALE

Per analizzare l'offerta di trasporto attuale, occorre semplicemente descrivere i grafi di tutte le differenti reti presenti nel DSS (in questo caso sono le sole reti stradale e ferroviaria) e le caratteristiche dei servizi che le utilizzano. Il sistema informativo è stato implementato per permettere l'utilizzo di 16 differenti modi-servizi di trasporto (tabella 5.6.1) ma la matrice di domanda che verrà utilizzata per la simulazione fa riferimento solo a 6 di esse (1: auto propria, 6: bus extraprovinciale, 7: treno lento, 8: treno veloce, 9: treno notturno, 10: aereo).

*Tabella 5.6.1. Modi e servizi di trasporto considerati nel DSS*

Codice	Descrizione
1	AUTO PROPRIA
2	AUTO ACCOMPAGNATO
3	AUTO DA NOLEGGIO
4	TAXI
5	TRASPORTO COLLETTIVO
6	BUS EXTRAPROVINCIALE
7	TRENO LENTO
8	TRENO VELOCE
9	TRENO NOTTURNO
10	AEREO
11	NAVE
12	TRENO DIURNO
13	TRENO COMBINATO (TC)
14	TRENO GRANDE CLIENTI PER MERCI DEPERIBILI O DI ALTO VALORE (TGC1)
15	TRENO GRANDE CLIENTI PER MERCI INDUSTRIALI (TGC2)
16	TRENO TRADIZIONALE PER MERCI DEPERIBILI O DI ALTO VALORE (TT1)
17	TRENO TRADIZIONALE PER MERCI INDUSTRIALI (TT2)
18	AUTOTRASPORTO MERCI

La rete viaria nazionale attuale ha un'estensione totale di circa 106.500 km, di cui circa 77.000 km di tipo stradale e 30.000 km circa ferroviaria. L'offerta di trasporto stradale/ferroviaria viene modellizzata attraverso la costruzione del modello di rete stradale/ferroviario costituito dal grafo stradale/ferroviario e dalle caratteristiche e funzioni di costo associate ai suoi archi. Ogni grafo si compone di elementi fondamentali quali:

- i centroidi, ovvero i poli generatori/attrattori della domanda di trasporto;

- i nodi, ovvero quei punti che hanno la sola funzione di consentire una riproduzione più fedele possibile della rete, attraverso la rappresentazione delle intersezioni/fermate/stazioni;
- gli archi, ovvero i collegamenti tra i nodi, che rappresentano le infrastrutture di trasporto della rete.

Nel caso specifico, il grafo di tutte le reti di trasporto, visualizzabile attraverso l'interfaccia del DSS, è costituito dai seguenti elementi:

- la zonizzazione, che è costituita da 316 *zone* di traffico totali, di cui 267 nazionali e 49 estere.
- *nodi* del grafo, che sono identificati in maniera univoca attraverso un codice alfanumerico di 6 caratteri di cui il primo carattere identifica la tipologia del nodo secondo la numerazione della tabella 5.6.2. I nodi infrastrutturali, ad esclusione degli interporti e dei centri merci, sono stati raggruppati per modalità di trasporto (stradale, ferroviaria, aerea e navale) secondo la tabella 5.6.3. Le caratteristiche generali associate ad ogni nodo sono riportate di seguito:
  - la macrotipologia di nodo infrastrutturale: AE = nodo aeroportuale (tipo 6), CE = centroide di zona (tipo 0), CM = centro merci (tipo 9), FS = nodo ferroviario (tipo 3, 4 e 8), I = interporto (tipo 7), MA = porto (tipo 5), ST = nodo stradale (tipo 1 e 2);
  - nazionalità del nodo: N = nazionali e E = esteri;
  - categoria del nodo terminale di trasporto nazionale in relazione al numero di movimenti (arrivi+partenze) annuali;
  - la sigla dell'aeroporto per nodi aeroportuali;
  - la latitudine e la longitudine del nodo;
  - nodo abilitato a trasbordo.

Tabella 5.6.2. Classificazione e numerosità dei nodi

Tipo nodo		Nazionali	Esteri	Totale
0	Centroide	267	49	316
1	Stradale	1.023	168	1.191
2	Autostradale	444	199	643
3	FS di stazione	457	57	514
4	FS di scambio/transito	11	21	32
5	Porto	39	26	65
6	Aeroporto	34	113	147
7	Interporto	13	0	13
8	Ferrovioario estero	0	15	15
9	Centro merci	23	0	23
<b>Totale</b>		<b>2.311</b>	<b>648</b>	<b>2.959</b>
<b>Totale nodi infrastrutturali</b>		<b>2.044</b>	<b>599</b>	<b>2.643</b>

Tabella 5.6.3. Numerosità dei nodi per modo di trasporto

Modo	Nazionali	Esteri	Totale
Strada	1.467	367	1.834
Ferrovia	468	93	561
Aereo	34	113	147
Nave	39	26	65
<b>Totale</b>	<b>2.008</b>	<b>599</b>	<b>2.607</b>

- ogni *arco* del grafo è identificato dai nodi di inizio e fine. Il numero totale degli archi presenti sul grafo è riportato nella tabella 5.6.4.



Tabella 5.6.4. Classificazione e numerosità degli archi

Archi	Nazionali		Esteri		Nazionali - Esteri		Totale	
	Numero	Km	Numero	km	Numero	km	Numero	km
connettori	752	9.669	98	4.075	0	0	850	13.744
stradali	5.610	76.662	1.318	124.605	56	453	6.984	201.720
marittimi	4	529	8	423	10	3675	22	4.627
ferroviari	1.212	29.824	210	36.415	22	871	1.444	67110
<b>Totale</b>	<b>7.578</b>	<b>116.684</b>	<b>1.634</b>	<b>165.518</b>	<b>88</b>	<b>4.999</b>	<b>9.300</b>	<b>287.201</b>

#### 5.6.1.1. La rete stradale

I nodi stradali che compongono questa rete sono quelli di tipo 1 e 2, la cui numerosità è riportata nella tabella 5.6.5 e la distinzione per caratteristica (solo nodo nazionali) nella tabella 5.6.6.

Tabella 5.6.5. Classificazione e numerosità degli archi stradali

Nodo	Nazionale	Eestero	Num
stradale	1.023	168	1.191
autostradale	444	199	643
<b>Totale</b>	<b>1.467</b>	<b>367</b>	<b>1.834</b>

Tabella 5.6.6. Classificazione e numerosità dei nodi stradali

Caratteristica nodo		Stradale	Autostradale	Totale
IC	Incrocio con altra strada	90	0	90
IN	Innesto di altra strada	79	0	79
NC	Non classificabile per scala	686	3	689
R	Innesto di autostrada o raccordo	3	414	417
V	Valico	6	2	8
Campo vuoto		159	25	184
<b>Totale</b>		<b>1.023</b>	<b>444</b>	<b>1.467</b>

Per quanto riguarda gli archi stradali esistenti nella rete si è già visto che sono 6.984. Nella tabella 5.6.7 sono riportati tutti gli archi stradali della rete distinti per tipologia:

Tabella 5.6.7. Classificazione della tipologia degli archi stradali

TipoArco	Descrizione dell'arco stradale	Numero
A	Arco autostradale	1.372
CE	Arco di confine	172
S	Arco stradale	2.750
U	Arco urbano	180
B	Barriera autostradale	142
FR	Collegamento aeroporto-rete ferroviaria	68
CR	Collegamento aeroporto-strada	294
FC	Collegamento centro merci-rete ferroviaria	48
CS	Collegamento centro merci-strada	46
FI	Collegamento interporto-rete ferroviaria	26
CI	Collegamento interporto-strada	28
FP	Collegamento porto-rete ferroviaria	78
CP	Collegamento porto-strada	130
CF	Collegamento stazione fs-strada	1.060
CA	Collegamento strada-autostrada	444
R	Rappresentazione aeroporto	68
P	Rappresentazione porto	78
<b>6.984</b>	<b>Totale</b>	<b>6.984</b>

In aggiunta alle informazioni sopra riportate, ad ogni arco stradale della rete sono associate le seguenti informazioni:

- lunghezza dell'arco;
- velocità di base;
- percentuale andamento pianeggiante;
- percentuale andamento ondulato;
- percentuale andamento montuoso;
- percentuale di visibilità per il sorpasso;
- classificazione CNR;
- larghezza carreggiata;
- larghezza banchina;
- numero di corsie;
- ente gestore;
- direttrice stradale.

Infine, per quanto concerne i servizi stradali su gomma, le caratteristiche salienti che li descrivono sono di seguito riportate:

- codice nodo stradale di partenza del servizio;
- codice nodo stradale di arrivo del servizio;
- codice periodo (1 estate, 2 inverno);
- nazionalità della linea;
- frequenza settimanale media feriale;
- frequenza settimanale media festiva;

- codice nodo stradale percorso (i nodi che compongono il percorso);
- progressivo nodo stradale percorso (il progressivo della sequenza dei nodi che compongono il percorso);
- tipo nodo stradale percorso (tipologia dei nodi che compongono il percorso - fermata o transito);
- costo dal nodo di partenza al nodo di arrivo (lire);
- tempo di viaggio dal nodo di partenza al nodo di arrivo;
- ente gestore.

Il numero dei nodi stradali adibiti al servizio bus nel DSS sono riportati nella tabella 5.6.8, mentre il numero totale di servizi bus (linee) è riportato in tabella 5.6.9:

*Tabella 5.6.8. Numerosità dei nodi di tipo bus*

<b>Nodo bus</b>	<b>Numero</b>
Nazionali	364
Esteri	92
<b>Totale</b>	<b>456</b>

*Tabella 5.6.9. Numerosità delle linee dei bus extraprovinciali*

<b>Linee</b>	<b>Numero</b>
Nazionali	2.162
Estere/Nazionali	479
Estere	0
<b>Totale</b>	<b>2.641</b>

### 5.6.1.2. La rete ferroviaria

Per la descrizione della rete ferroviaria, si parte dalle caratteristiche dei nodi. Innanzitutto i nodi ferroviari rappresentano fermate, stazioni o altro (punti di scambio) che collegano gli archi rappresentanti le linee ferroviarie. Una prima suddivisione dei nodi è riportata in tabella 5.6.10.

Tabella 5.6.10. Classificazione e numerosità dei nodi ferroviari

Nodo	Nazionale	Eestero	Totale
FS di stazione	457	57	514
FS di scambio/transito	11	21	32
<b>Totale</b>	<b>468</b>	<b>78</b>	<b>546</b>

Come già detto, tra gli attributi che caratterizzano i nodi nel simulatore esiste un campo con la categoria del nodo terminale di trasporto nazionale in relazione al numero di movimenti (arrivi+partenze) annuali, che rappresenta le STAZIONI FS. La loro numerosità e suddivisione in base alla categoria di appartenenza delle sole stazioni FS nazionali, è riportata in tabella 5.6.11.

Tabella 5.6.11. Classificazione e numerosità delle stazioni FS nazionali

Categoria		Movimenti/anno	Numerosità
MG	Media grande stazione	65.000 – 120.000	30
MP	Media piccola stazione	40.000 – 65.000	54
PS	Piccola stazione	< 20.000	229
SR	Stazione regionale	20.000 – 40.000	127
SU	Grande stazione di transito sussidiaria	> 180.000	7
TE	Grande stazione di testa	> 180.000	6
TR	Grande stazione di transito	> 120.000	4
<b>Totale</b>		-	<b>457</b>

Alle informazioni generiche associate ad ogni nodo della rete, per la modalità ferroviaria si aggiungono le seguenti informazioni:

- codice della stazione attribuito dalle FS (solo per i nodi ferroviari di stazione);
- progressivo “lottissement” per le stazioni abilitate al servizio merci (per i nodi ferroviari di stazione, per gli interporti e per i centro merci);
- lunghezza minima dei moduli di binari in stazione per servizi passeggeri (metri) (solo per i nodi ferroviari di stazione);
- lunghezza massima dei moduli di binari in stazione per servizi passeggeri (metri) (solo per i nodi ferroviari di stazione);
- lunghezza totale binari di presa e consegna carri merci (metri) (solo per i nodi ferroviari di stazione);
- lunghezza totale binari affiancati da piani di carico e scarico merci (metri) (solo per i nodi ferroviari di stazione);
- numero mezzi di carico (solo per i nodi ferroviari di stazione);
- codice compartimento ferroviario (solo per i nodi ferroviari di stazione e di scambio/transito), che assume valori da 1 a 15.

Per quanto riguarda gli archi ferroviari, invece, in totale sono 1.416; alcuni di questi non hanno un riscontro fisico dal punto di vista infrastrutturale ma sono stati duplicati solo per motivi modellistici: gli archi totali presenti in tabella sono quindi 1.444, di cui 1.212 nazionali, tabella 5.6.12.

Tabella 5.6.12. Numerosità degli archi ferroviari

Nazionalità		Numero
E	Eestero	210
I	Eestero-Nazionale	22
NA	Nazionale	1.212
<b>Totale</b>		<b>1.444</b>

Le caratteristiche salienti associate agli archi ferroviari sono di seguito riportate:

- progressivo arco ferroviario. Valore pari a 1, 2 o 3 (progressivo di duplicazione dell'arco);
- nazionalità;
- tipo di trazione: D = diesel, E = elettrica;
- numero di binari (solo per gli archi nazionali);
- lunghezza dell'arco;
- lunghezza tratta critica (solo per gli archi nazionali);
- km predisposti per la circolazione banalizzata (solo per archi nazionali e valore stimato);
- regime di circolazione (solo per archi nazionali);
- sistema di esercizio (solo per archi nazionali);
- rango di circolazione (solo per archi nazionali);
- velocità di fiancata (solo per archi nazionali);
- ente gestore (solo per archi nazionali) distinto in: Ferrovie dello Stato e Ferrovie in concessione governativa;

- classe funzionale (solo per archi nazionali) suddivisa in: rete commerciale (864 archi), rete integrativa (322 archi) e ferrovie in gestione o concessione governativa (26 archi);

Infine, riguardo ai servizi ferroviari le caratteristiche salienti che li descrivono sono di seguito riportate:

- codice nodo ferroviario di partenza del servizio;
- codice nodo ferroviario di arrivo del servizio;
- codice nodo ferroviario percorso (i nodi che compongono il percorso);
- progressivo nodo ferroviario percorso (il progressivo della sequenza dei nodi che compongono il percorso);
- tipo nodo percorso (tipologia dei nodi che compongono il percorso - fermata o transito);
- codice periodo (1 estate, 2 inverno);
- ente gestore;
- nazionalità del servizio;
- frequenza settimanale media feriale;
- frequenza settimanale media festiva;
- codice tipologia servizio ferroviario (vedi tabella 5.6.13):



*Tabella 5.6.13. Classificazione della tipologia dei servizi ferroviari*

Codice	Descrizione
AV	ALTA VELOCITA'
DI	DIRETTO
EC	EUROCITY
EN	EURONOTTE
ES	EUROSTAR ITALIA
EX	ESPRESSO
IC	INTERCITY
ICE	INTERCITY EXPRESS
ICN	INTERCITY NOTTURNO
IR	INTERREGIONALE
NE	ESPRESSO NOTTURNO

I servizi Regionali sono stati aggregati ai Diretti. Le stazioni ferroviarie presenti nella base dati dei servizi ferroviari sono tutte quelle dei treni veloci (AV, EC, EN e ES) e per le altre categorie si aggiungono quelle di capolinea. A titolo di esempio, l'Intercity Roma Milano avrà come fermate FS i due capolinea di Roma e Milano e come fermate intermedie tutte quelle comuni alle linee veloci. Per i servizi regionali sono invece state considerati solo i capolinea che ricadono in regioni diverse. Le fonti utilizzate per l'aggiornamento dei servizi ferroviari sono RFI, che copre oltre il 99% della nuova rete ferroviaria del DSS.

### *5.6.2. COSTRUZIONE DELL'OFFERTA FUTURA*

Lo scenario di progetto è costituito dall'offerta di trasporto nazionale che si prevede essere in uso nel 2012. Esso quindi è composto dallo scenario infrastrutturale attuale con l'aggiunta degli interventi infrastrutturali precedentemente descritti. La sua implementazione nel DSS si è ottenuta attraverso la costruzione di nuovi archi e nodi (per le nuove opere) e l'adeguamento delle caratteristiche di alcuni archi e nodi già esistenti (per gli interventi di adeguamento). Mentre per le nuove realizzazioni la prima fase è stata quella di individuare la localizzazione nel grafo di rete del simulatore dei nodi che rappresentassero l'origine e il termine della nuova infrastruttura (comuni, caselli autostradali, intersezioni, stazioni, ecc..), per gli adeguamenti questo step è stato caratterizzato dalla ricerca degli archi rappresentanti le infrastrutture da ammodernare (strade urbane, autostrade, tratte ferroviarie).

Per quanto riguarda la rete ferroviaria, non sono stati implementati adeguamenti alle tratte già esistenti a causa delle limitazioni del sistema nel cambiamento delle caratteristiche degli archi di tale tipologia (non è stato possibile adeguare il numero di binari se ciò voleva dire inserire un valore maggiore di 2); oltretutto si ritiene che la loro presenza nello scenario di progetto comporti sensibili variazioni di domanda. La rete ferroviaria al 2012, quindi, è costituita dalla rete attuale con l'aggiunta del sistema AV/AC che collega le principali città italiane e che, come si vedrà in seguito, ha influito notevolmente sulla ripartizione modale della domanda.

Operativamente, la costruzione di questa rete è stata effettuata attraverso l'individuazione della localizzazione delle stazioni FS quali origine e destinazione delle tratte AV/AC ed il successivo inserimento nel sistema di nuovi archi che le rappresentano. A questi archi sono stati assegnati valori caratterizzanti i seguenti attributi: progressivo arco ferroviario, nazionalità, tipo di trazione, numero di binari, lunghezza dell'arco, lunghezza tratta critica, km predisposti per la circolazione banalizzata, regime di circolazione, sistema di esercizio, rango di circolazione, velocità di fiancata, ente gestore e classe funzionale. A tutti i nuovi archi ferroviari è stata assegnata una velocità di percorrenza di 300 km/h e le lunghezze degli archi inserite sono, tabella 5.6.14:

Tabella 5.6.14. Lunghezza degli archi ferroviari AV/AC

TRATTA	ARCO	LUNGHEZZA (KM)
Torino-Milano	FS_TOMi	125
Milano-Bologna	FS_MIBO	182
Bologna-Firenze	FS_BOFI	80
Roma-Napoli	FS_RMNA	205
Napoli-Salerno	FS_NASA	29
Milano-Genova	FS_MIGE	54

Invece, per quanto riguarda la rete stradale, allo scenario attuale sono stati inseriti sia gli interventi di adeguamento che le nuove opere (precedentemente descritte). Nel contesto degli adeguamenti sono state modificate le caratteristiche salienti degli archi stradali, figura 5.6.1, che si è supposto vadano a modificare i valori delle variabili caratteristiche deflusso veicolare. Queste variabili sono la capacità, la densità e la velocità (in stretta interdipendenza tra di loro) e, quindi, gli attributi da cui dipendono principalmente sono: numero di corsie, velocità di base, larghezza della carreggiata e caratteristica dell'arco. Dall'analisi del quadro programmatico di riferimento si è riscontrato come un gran numero di interventi riguardino l'adeguamento dell'infrastruttura a norme del CNR (ad esempio il conferimento di caratteristiche autostradali a strade precedentemente urbane o extraurbane). Nell'allegato B viene riportato parte del Decreto Ministeriale del 5-11-2001, "Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade", di cui ci si è avvalsi per conoscere le caratteristiche delle categorie di strade (A, B, C1, C2, D, E, F) richiamate nel DPEF. Nella tabella 5.6.15 sono stati riportati gli archi su cui sono state effettuate delle modifiche, mettendo a confronto i valori dei vecchi attributi non i quelli di nuovo inserimento, mentre nella tabella 5.6.16 gli archi di nuova costruzione. In alcuni casi, l'inserimento di nuovi archi ha comportato immissione anche di nuovi nodi, riportati in tabella 5.6.17.

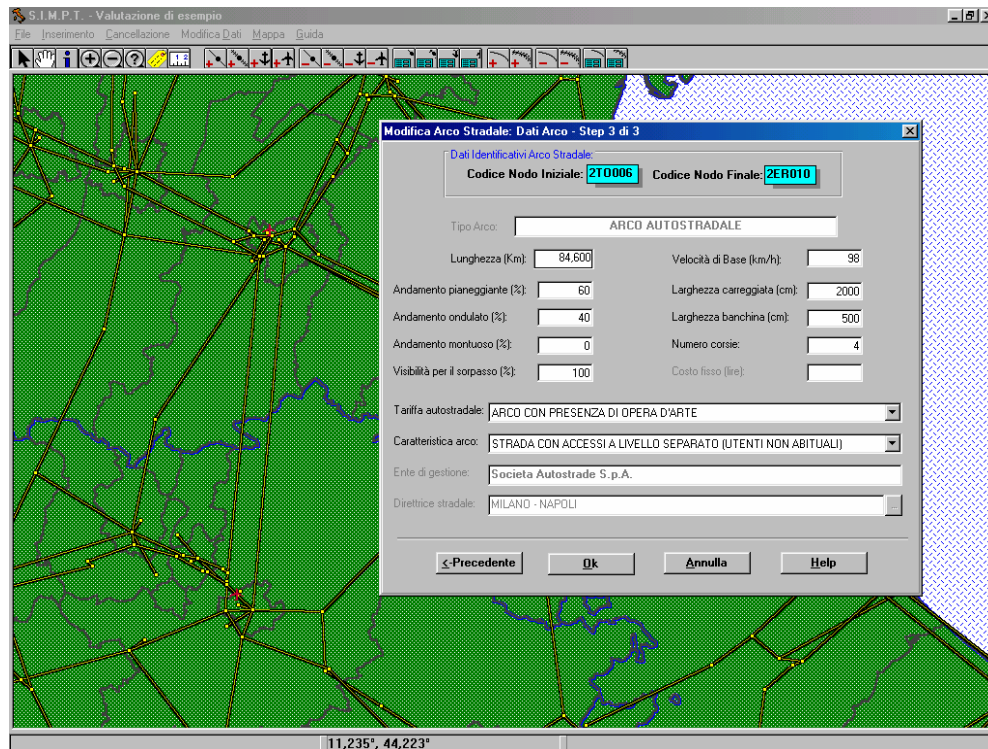


Figura 5.6.1. Maschera del simulatore per la modifica delle caratteristiche degli archi stradali

Tabella 5.6.15. Archi modificati con le nuove caratteristiche per gli interventi di adeguamento

intervento	infrastruttura	archi simpt		vecchie caratteristiche	caratteristiche modificate in INTERFACCIA
		origine	destinaz		
adeguamento	adeguamento A3	2CA009	2CA022	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=1700	numero corsie = 6, velocità di base=120, larghezza carreggiata=2850
		2CA022	2CA023	velocità di base=25	velocità di base=35
		2CA023	2CA031	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=1700	numero corsie = 6, velocità di base=120, larghezza carreggiata=2850
		2CA031	2CA030	velocità di base=25	velocità di base=35
		2CA030	2CA015	numero corsie=4, velocità di base=49, larghezza carreggiata=1800	numero corsie = 6, velocità di base=70, larghezza carreggiata=2850
adeguamento	adeguamento A3: megalotto 1	2CA018	2CA036	numero corsie=4, velocità di base=76	velocità di base=90
adeguamento	adeguamento A3: megalotto 2	2CA036	2BA003	numero corsie=4, velocità di base=108	velocità di base=120
		2BA003	2BA004	numero corsie=4, velocità di base=107	velocità di base=120
adeguamento	adeguamento A3: megalotto 3	2BA004	2CL005	numero corsie=4, velocità di base=110	velocità di base=120
adeguamento	adeguamento A3: megalotto 4	2CL004	2CL003	numero corsie=4, velocità di base=104	velocità di base=120
adeguamento	adeguamento A3: megalotto 4bis				
adeguamento	adeguamento A3: megalotto 5	2CL002	2CL020	numero corsie=4, velocità di base=87, larghezza carreggiata= 1800	velocità di base=110, larghezza carreggiata=2100
adeguamento	adeguamento A3: megalotto 6	2CL020	2CL001	numero corsie=4, velocità di base=90	velocità di base=100
adeguamento		2CL001	2CL023	numero corsie=4, velocità di base=86	velocità di base=100
adeguamento	nuova SS 106: megalotto 1	1CL002	1CL041	numero corsie=2, velocità di base=78, larghezza carreggiata=800, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=90, larghezza carreggiata=1850, caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)
adeguamento	nuova SS 106: megalotto 2	1CL003	1CL029	numero corsie=2, velocità di base=80, larghezza carreggiata=800, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti abituali)	numero corsie=4, velocità di base=90, larghezza carreggiata=1850, caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti abituali)
adeguamento	SS 534	2CL005	1CL008	numero corsie=2, velocità di base=90, larghezza carreggiata=700, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850, caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)
adeguamento		1CL008	1CL007	numero corsie=2, velocità di base=90, larghezza carreggiata=800, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850, caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)

intervento	infrastruttura	archi simpt		vecchie caratteristiche	caratteristiche modificate in INTERFACCIA
		origine	destinaz		
adeguamento	raccordo salerno-avellino	2CA015	2CA013	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=1500	velocità di base=120, larghezza carreggiata=2100
adeguamento		2CA013	2CA014	numero corsie=4, velocità di base=104, larghezza carreggiata=1500	velocità di base=120, larghezza carreggiata=2100
adeguamento		2CA014	2CA035	numero corsie=4, velocità di base=104, larghezza carreggiata=1500	velocità di base=120, larghezza carreggiata=2100
adeguamento	SS 156	1LA005	1LA007	numero corsie=2, velocità di base=70, larghezza carreggiata=850, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti abituali)	numero corsie=4, velocità di base=90, larghezza carreggiata=1850, caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti abituali)
adeguamento		1LA007	1LA054	numero corsie=2, velocità di base=80, larghezza carreggiata=660, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=90, larghezza carreggiata=1850, caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)
adeguamento	SS 79	1LA026	1UM004	numero corsie=2, velocità di base=58, larghezza carreggiata=700	velocità di base=80, larghezza carreggiata=1050
adeguamento	A 14	2ER022	2MA001	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2100	numero corsie=6, velocità di base=120, larghezza carreggiata=2850
adeguamento		2MA001	2MA002	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2100	numero corsie=6, velocità di base=120, larghezza carreggiata=2850
adeguamento		2MA002	2MA004	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2100	numero corsie=6, velocità di base=120, larghezza carreggiata=2850
adeguamento		2MA004	2MA006	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2100	numero corsie=6, velocità di base=120, larghezza carreggiata=2850
adeguamento		2MA006	2MA011	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2100	numero corsie=6, velocità di base=120, larghezza carreggiata=2850
adeguamento		2MA011	2MA010	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2100	numero corsie=6, velocità di base=120, larghezza carreggiata=2850
adeguamento	fano grosseto	1TO045	1TO096	numero corsie=2, velocità di base=64, larghezza carreggiata=750, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850 caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)
adeguamento		1TO096	1TO095	numero corsie=2, velocità di base=90, larghezza carreggiata=750, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850 caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)

intervento	infrastruttura	archi simpt		vecchie caratteristiche	caratteristiche modificate in INTERFACCIA
		origine	destinaz		
adeguamento	Fano-grosseto	1TO095	1TO017	numero corsie=2, velocità di base=90, larghezza carreggiata=750, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850 caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)
adeguamento		1TO017	1TO093	numero corsie=2, velocità di base=81, larghezza carreggiata=650, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850 caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)
adeguamento		1TO093	1TO092	numero corsie=4, velocità di base=110, larghezza carreggiata=1500	velocità di base=110, larghezza carreggiata=1850
adeguamento		1TO092	1TO003	numero corsie=4, velocità di base=65, larghezza carreggiata=1500	velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850
adeguamento	tangenziale di torino	2PI068	2PI067	velocità di base=25	velocità di base=35
adeguamento		2PI067	2PI006	numero corsie=6, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2100	numero corsie=6, velocità di base=130, larghezza carreggiata=3600
adeguamento		2PI006	2PI005	numero corsie=6, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2900	numero corsie=6, velocità di base=130, larghezza carreggiata=3600
adeguamento		2PI005	2PI004	numero corsie=6, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2900	numero corsie=6, velocità di base=130, larghezza carreggiata=3600
adeguamento		2PI004	2PI069	numero corsie=6, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2900	numero corsie=6, velocità di base=130, larghezza carreggiata=3600
adeguamento		2PI069	2PI002	numero corsie=6, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2900	numero corsie=6, velocità di base=130, larghezza carreggiata=3600
adeguamento		2PI002	2PI008	numero corsie=6, velocità di base=110, larghezza carreggiata=2900	numero corsie=6, velocità di base=130, larghezza carreggiata=3600
adeguamento	SS 16	1PU010	1PU020	numero corsie=2, velocità di base=87, larghezza carreggiata=800, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850 caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)
adeguamento		1PU020	1PU044	numero corsie=2, velocità di base=88, larghezza carreggiata=800, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850 caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)
adeguamento	SS 99	1PU017	1BA003	numero corsie=2, velocità di base=66, larghezza carreggiata=800, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=90, larghezza carreggiata=1850 caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)

intervento	infrastruttura	archi simpt		vecchie caratteristiche	caratteristiche modificate in INTERFACCIA
		origine	destinaz		
adeguamento	SS 7	1PU002	1PU205	numero corsie=4; velocità di base =110; larghezza carreggiata =1500	numero corsie=4; velocità di base =120; larghezza carreggiata =2100
adeguamento		1PU205	1PU028	numero corsie=4; velocità di base =110; larghezza carreggiata =1500	numero corsie=4; velocità di base =120; larghezza carreggiata =2100
adeguamento	SS 291	1SA007	1SA023	numero corsie=2, velocità di base=85, larghezza carreggiata=700, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850 caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)
adeguamento		1SA023	1SA008	numero corsie=2, velocità di base=82, larghezza carreggiata=700, caratteristica arco= strada 2 corsie (utenti non abituali)	numero corsie=4, velocità di base=100, larghezza carreggiata=1850 caratteristica arco=strada 4 corsie a carr. Unica (utenti non abituali)

Tabella 5.6.16. Archi aggiunti con le relative caratteristiche per gli interventi di nuova realizzazione

intervento	infrastruttura	archi simpt		vecchie caratteristiche	caratteristiche modificate in INTERFACCIA
		origine	destinaz		
nuova realizzazione	completamento tangenziale nord Milano	1LO074	2LO053		tipo arco= arco autostradale; lunghezza =15,944; andamento pianeggiante=100%, ondulato/montuoso=0%; visibilità per il sorpasso=40%; velocità di base=130; larghezza carreggiata=2100; larghezza banchina=400; numero corsie=4; tariffa autostradale=arco appartenente ad un tratto autostradale ad esazione "aperta"; ente gestore= autostrada serravalle-milano - tangenziale nord; caratteristica arco= strada con accessi a livello separato (utenti abituali); direttrice stradale= tangenziale di milano
nuova realizzazione	collegamento malpensa	1LO055	1LO097		tipo arco= arco stradale; lunghezza =27,271; andamento pianeggiante=100%, ondulato/montuoso=0%; visibilità per il sorpasso= 40%; velocità di base=100; larghezza carreggiata =1850; larghezza banchina=300; numero corsie=4; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 4 corsie con carreggiata unica (utenti non abituali); direttrice stradale= dell'aeroporto della malpensa



intervento	infrastruttura	archi simpt		vecchie caratteristiche	caratteristiche modificate in INTERFACCIA
		origine	destinaz		
nuova realizzazione	collegamento bergamo-lecco	1LO020	1LO014		tipo arco= arco stradale; lunghezza =27,131; andamento pianeggiante=100%, ondulato/ montuoso=0%; visibilità per il sorpasso= 40%; velocità di base=80; larghezza carreggiata=1050; larghezza banchina=200; numero corsie=2; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 2 corsie (utenti non abituali); direttrice stradale= bergamo-lecco; sigla direttrice=BG-LC
nuova realizzazione	tangenziale di varese	1LO214	1LO215		tipo arco= arco stradale; lunghezza =4,500; andamento pianeggiante=100%, ondulato/ montuoso=0%; visibilità per il sorpasso= 40%; velocità di base=80; larghezza carreggiata=1800; larghezza banchina=300; numero corsie=4; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada con accesso a livelli separati (utenti abituali); direttrice stradale= tangenziale di varese; sigla direttrice =tang.varese
nuova realizzazione		1LO215	1LO216		tipo arco= arco stradale; lunghezza =32,769; andamento pianeggiante/ ondulato/ montuoso = 50/40/10%; visibilità per il sorpasso =40%; velocità di base=80; larghezza carreggiata=1800; larghezza banchina=300; numero corsie=4; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada con accesso a livelli separati (utenti abituali); direttrice stradale= tangenziale di varese; sigla direttrice =tang.varese
nuova realizzazione	variante alla SS 16	1AB001	1AB004	velocità di base=61	velocità di base=90
nuova realizzazione	nuova SS 182 trasversale delle serre	1CL205	2CL022		tipo arco= arco stradale; lunghezza =6,180; andamento pianeggiante=100%, ondulato/ montuoso=0%; visibilità per il sorpasso= 40%; velocità di base=90; larghezza carreggiata=1850; larghezza banchina=350; numero corsie=4; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 4 corsie a carreggiata unica (utenti non abituali); direttrice stradale= trasversale delle serre; sigla direttrice =SS.n.182 delle serre
nuova realizzazione	BreBeMi	2LO055	1LO041	velocità di base=75; larghezza carreggiata =750; numero corsie=2; caratteristica arco =strada 2 corsie (utenti abituali)	velocità di base=100; larghezza carreggiata =2600; numero corsie=6; caratteristica arco =strada con accessi a livello separato (utenti abituali)

intervento	infrastruttura	archi simpt		vecchie caratteristiche	caratteristiche modificate in INTERFACCIA
		origine	destinaz		
nuova realizzazione	BreBeMi	1LO041	2LO039		tipo arco= arco stradale; lunghezza =62,599; andamento pianeggiante/ ondulato/ montuoso= 70/20/10%; visibilità per il sorpasso=40%; velocità di base=110; larghezza carreggiata=1850; larghezza banchina=300; numero corsie=4; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 4 corsie a carreggiata unica (utenti abituali); direttrice stradale= superstrada pedemontana veneta; sigla direttrice= pedemon veneta
nuova realizzazione	superstrada pedemontana veneta	2VE041	1VE203		tipo arco= arco stradale; lunghezza =36,517; andamento pianeggiante=100%, ondulato/ montuoso=0%; visibilità per il sorpasso= 40%; velocità di base=90; larghezza carreggiata=1850; larghezza banchina=300; numero corsie=4; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 4 corsie a carreggiata unica (utenti non abituali); direttrice stradale= BREBEMI; sigla direttrice=BREBEMI
nuova realizzazione	passante autostradale di mestre	2VE034	2VE035		tipo arco= arco autostradale; lunghezza =8,259; andamento pianeggiante=100%, ondulato/montuoso=0%; visibilità per il sorpasso=40%; velocità di base=110; larghezza carreggiata=2850; larghezza banchina=400; numero corsie=6; tariffa autostradale=arco appartenente ad un tratto autostradale ad esazione "aperta"; ente gestore= ANAS; caratteristica arco= strada con accessi a livello separato (utenti non abituali); direttrice stradale= passante autostradale di mestre; sigla direttrice= PASS. MESTRE
nuova realizzazione		2VE035	1VE204		tipo arco= arco autostradale; lunghezza =16,130; andamento pianeggiante=100%, ondulato/montuoso=0%; visibilità per il sorpasso=80%; velocità di base=110; larghezza carreggiata=2850; larghezza banchina=400; numero corsie=6; tariffa autostradale=arco appartenente ad un tratto autostradale ad esazione "aperta"; ente gestore= ANAS; caratteristica arco= strada con accessi a livello separato (utenti non abituali); direttrice stradale= passante autostradale di mestre; sigla direttrice= PASS. MESTRE

Tabella 5.6.17. Nodi aggiunti con le relative caratteristiche per gli interventi di nuova realizzazione

intervento	infrastruttura	arco spezzato		caratteristiche arco spezzato	codice nodo	caratteristiche nuovo nodo
		origine	destinaz			
nuova realizzazione	tangenziale di varese	1LO003	1LO016	tipo arco= arco stradale; lunghezza =22,400; andamento pianeggiante/ondulato/montuoso= 50/20/30%; visibilità per il sorpasso=40%; velocità di base=70; larghezza carreggiata =680; larghezza banchina=40; numero corsie=2; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 2 corsie (utenti abituali); direttrice stradale= ss. varesina	1LO214	distanza 85% di 22,400 km da 1LO003. codice nodo = 1LO214, latitudine =45.83887, longitudine =8.83042; tipo nodo= stradale; provincia= varese; denominazione nodo= innesto tangenziale di varese. Non sono state trovate linee di servizio passanti per l'arco indicato.
nuova realizzazione		1LO016	1LO010	tipo arco= arco stradale; lunghezza =23,300; andamento pianeggiante /ondulato/montuoso= 50/50/0%; visibilità per il sorpasso=40%; velocità di base=65; larghezza carreggiata =700; larghezza banchina= 100; numero corsie=2; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 2 corsie (utenti abituali); direttrice stradale= briantea	1LO215	distanza 15% di 23,300 km da 1LO016. codice nodo = 1LO216, latitudine =45.813745, longitudine =8.857045; tipo nodo= stradale; provincia= varese; denominazione nodo= innesto tangenziale di varese. Sono state trovate 4 linee extraregionali passanti per l'arco indicato
nuova realizzazione		1LO001	1LO073	tipo arco= arco stradale; lunghezza =29,000; andamento pianeggiante/ondulato/montuoso= 50/40/10%; visibilità per il sorpasso=40%; velocità di base=35; larghezza carreggiata =750; larghezza banchina= 100; numero corsie=2; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 2 corsie (utenti abituali); direttrice stradale= varesina	1LO216	distanza 10% di 29,000 km da 1LO001. codice nodo = 1LO216, latitudine =45.78518, longitudine =8.85023; tipo nodo= stradale; provincia= varese; denominazione nodo= innesto tangenziale di varese. Non sono state trovate linee di servizio passanti per l'arco indicato.

intervento	infrastruttura	arco spezzato		caratteristiche arco spezzato	codice nodo	caratteristiche nuovo nodo
		origine	destinaz			
nuova realizzazione	superstrada pedemontana veneta	1VE020	1VE003	tipo arco= arco autostradale; lunghezza =16,700; andamento pianeggiante/ondulato/mon tuoso= 100/0/0%; visibilità per il sorpasso=80%; velocità di base=74; larghezza carreggiata =800; larghezza banchina= 120; numero corsie=2; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 2 corsie (utenti abituali); direttrice stradale= pontebbana	1VE203	distanza 40% di 16,700 km da 1VE003. codice nodo = 1VE203, latitudine =45.72576, longitudine =12.24848; tipo nodo= stradale; provincia= treviso; denominazione nodo= innesto superstrada pedemontana veneta. Aggiornamento linee di servizio. Sono state riscontrate 10 linee di servizio extraregionale passanti per l'arco indicato
nuova realizzazione	passante autostradale di mestre	1VE071	1VE026	tipo arco= arco stradale; lunghezza =31,000; andamento pianeggiante/ondulato/mon tuoso= 100/0/0%; visibilità per il sorpasso=40%; velocità di base=79; larghezza carreggiata =730; larghezza banchina= 60; numero corsie=2; ente gestore= ANAS; caratteristica arco = strada 2 corsie (utenti abituali); direttrice stradale= castellana	1VE204	distanza 50% di 31,000 km da 1VE071. codice nodo = 1VE204, latitudine =45.56765, longitudine =12.09125; tipo nodo= stradale; provincia= venezia; denominazione nodo= innesto passante autostradale di mestre. Aggiornamento linee di servizio. Non sono state trovate linee di servizio passanti per l'arco indicato.

## 5.7. I RISULTATI

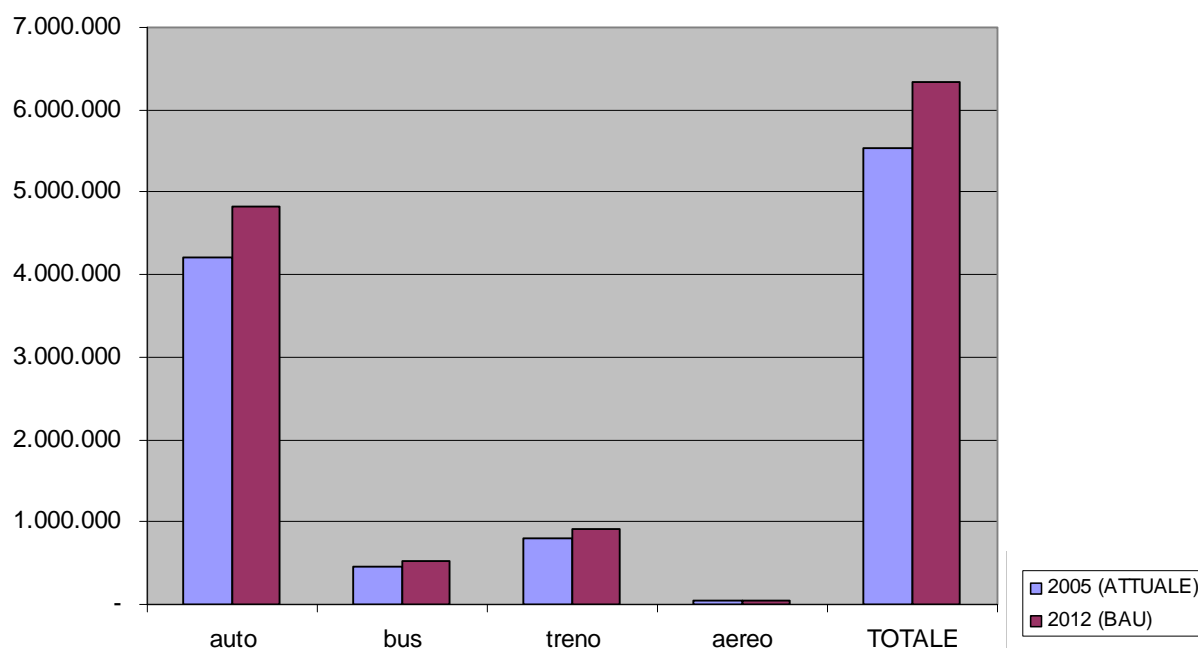
Gli scenari che sono stati analizzati sono i seguenti:

- ATTUALE, caratterizzato dalla domanda e dell'offerta al 2005;
- BAU (Business As Usual) o tendenziale, caratterizzato dalla domanda al 2012 (incremento tendenziale del 15% rispetto al 2005 in funzione del PIL) e l'offerta al 2005;
- PROG (scenario di progetto), è caratterizzato dalla domanda al 2012 (di cui sopra) e dall'offerta al 2012 originata da quella al 2005 con l'aggiunta delle infrastrutture programmate (vedi allegato A).

I dati di domanda ottenuti dall'implementazione dei suddetti scenari sono stati aggregati al fine di ottenere un'analisi in un'ottica di sistema (nazionale). I risultati ottenuti dalle simulazioni sono riportati in termini di valori assoluti e percentuali di ripartizione modale, vedi tabella 5.7.1. I dati di domanda a scala nazionale sono stati in seguito disaggregati per origine/destinazione (regione e zona) e per motivo dello spostamento. Così, riguardo agli spostamenti per il motivo lavoro la tavola 5.3 rappresenta la descrizione degli occupati e la tavola 5.4 degli addetti totali; per gli spostamenti per studio, nella tavola 5.5 sono rappresentati gli studenti universitari che sono presenti in ogni zona. Mentre le suddette tavole si riferiscono alle zone SIMPT, le tavole 5.6 e 5.7 rappresentano in ambito regionale, rispettivamente, gli emessi e gli attratti. Si ricorda che per emessi si intendono tutti gli spostamenti che hanno origine nella zona di riferimento e, viceversa, per attratti gli spostamenti di destinazione.

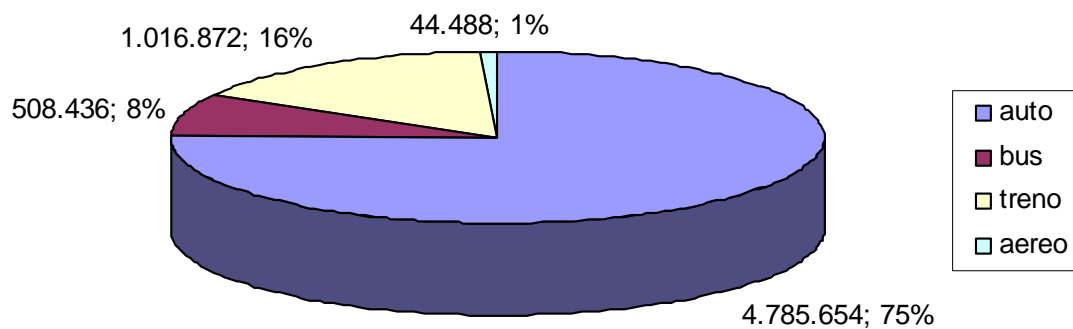
Dall'analisi dei dati in tabella 5.7.1 si evidenzia come la percentuale di ripartizione modale dello scenario attuale, di cui si è discusso al paragrafo 5.5, è la medesima dello scenario BAU in quanto l'offerta di trasporto è rimasta invariata e sono aumentati solamente gli spostamenti per modo in valore assoluto (del 15% circa), figura 5.7.1.

*Figura 5.7.1. Variazione di ripartizione modale della domanda dallo scenario attuale (2005) allo scenario tendenziale (2012)*

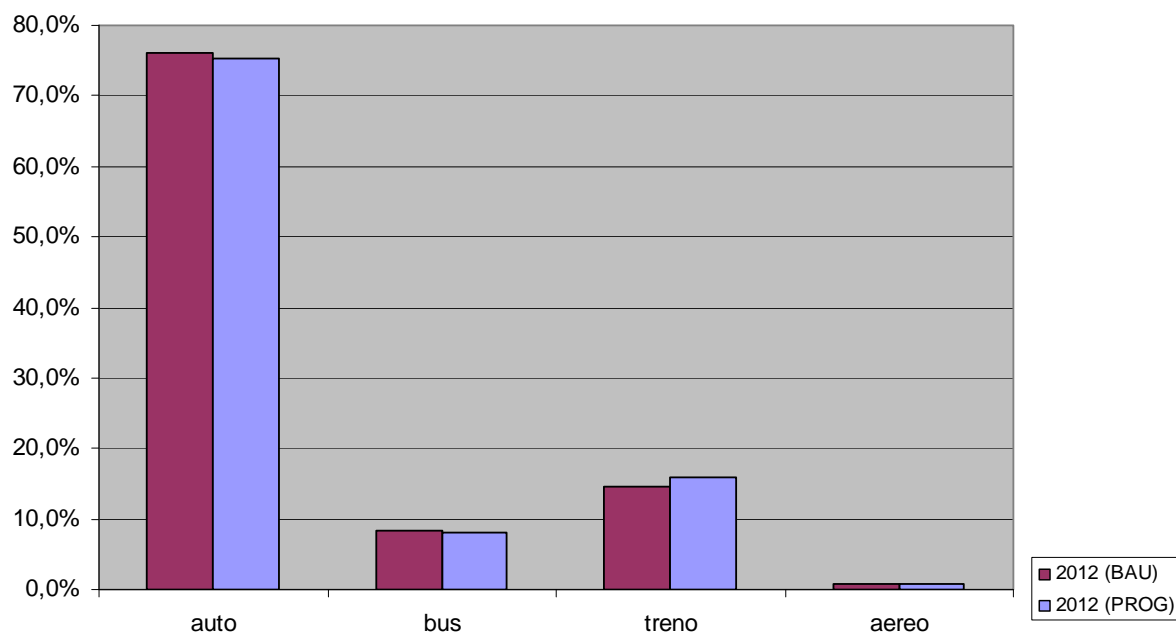


Il numero degli spostamenti risultanti dallo scenario di progetto è variato rispetto all'attuale in parte per effetto della variazione della domanda e, in parte, per effetto della variazione dell'offerta. La nuova ripartizione modale, figura 5.7.2, mostra come è aumentato il numero di spostamenti con mezzo "treno" (in percentuale 1,4%) a discapito di tutti i restanti modi. Ciò mostra come il sistema di trasporti italiano sia sensibile all'inserimento dell'AV/AC, più sensibile rispetto alla costruzione di nuove strade e all'adeguamento di quelle esistenti. L'autovettura risulta essere il modo che registra una riduzione maggiore (-0,8%) rispetto agli altri; rispetto agli altri ciò è dato dal fatto che le tratte in cui vi è competizione con l'alta velocità sono quelle usualmente percorse in auto. Il mezzo "aereo" è diminuito solo dello 0,2% in quanto l'inserimento dell'AV/AC comporta apprezzabili cambiamenti nella scelta modale dei soli utenti che si spostano su lunghe distanze (ad esempio Napoli-Bologna/Torino/Milano oppure Roma-Milano/Torino). Le variazioni delle percentuali di ripartizione modale della domanda dallo scenario tendenziale a quello di progetto sono riportate nella figura 5.7.3.

*Figura 5.7.2. Ripartizione modale degli spostamenti di un giorno medio feriale del periodo invernale dello scenario di progetto (2012)*



*Figura 5.7.3. Variazione della percentuale di ripartizione modale della domanda dallo scenario tendenziale (2012) allo scenario di progetto (2012)*

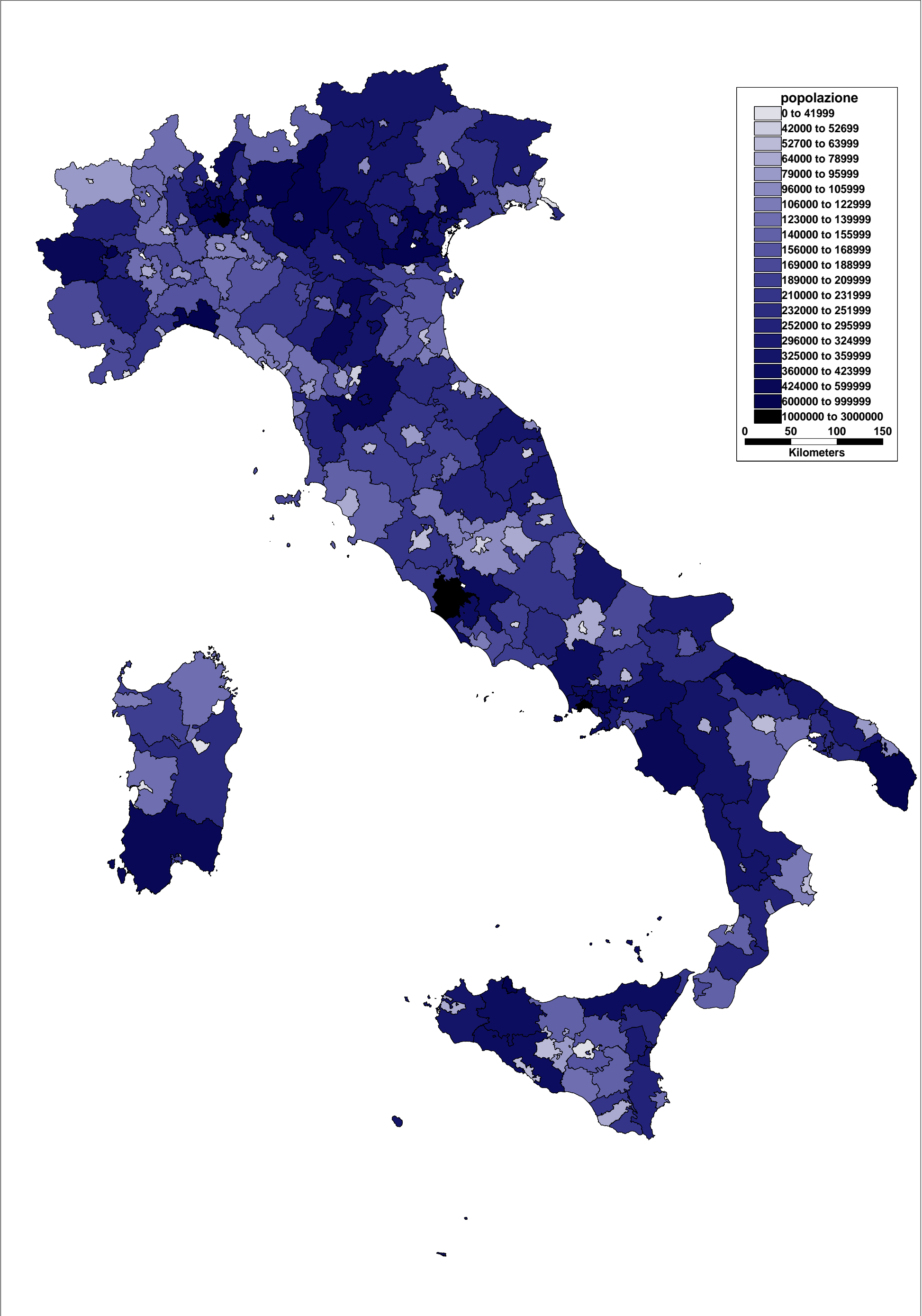




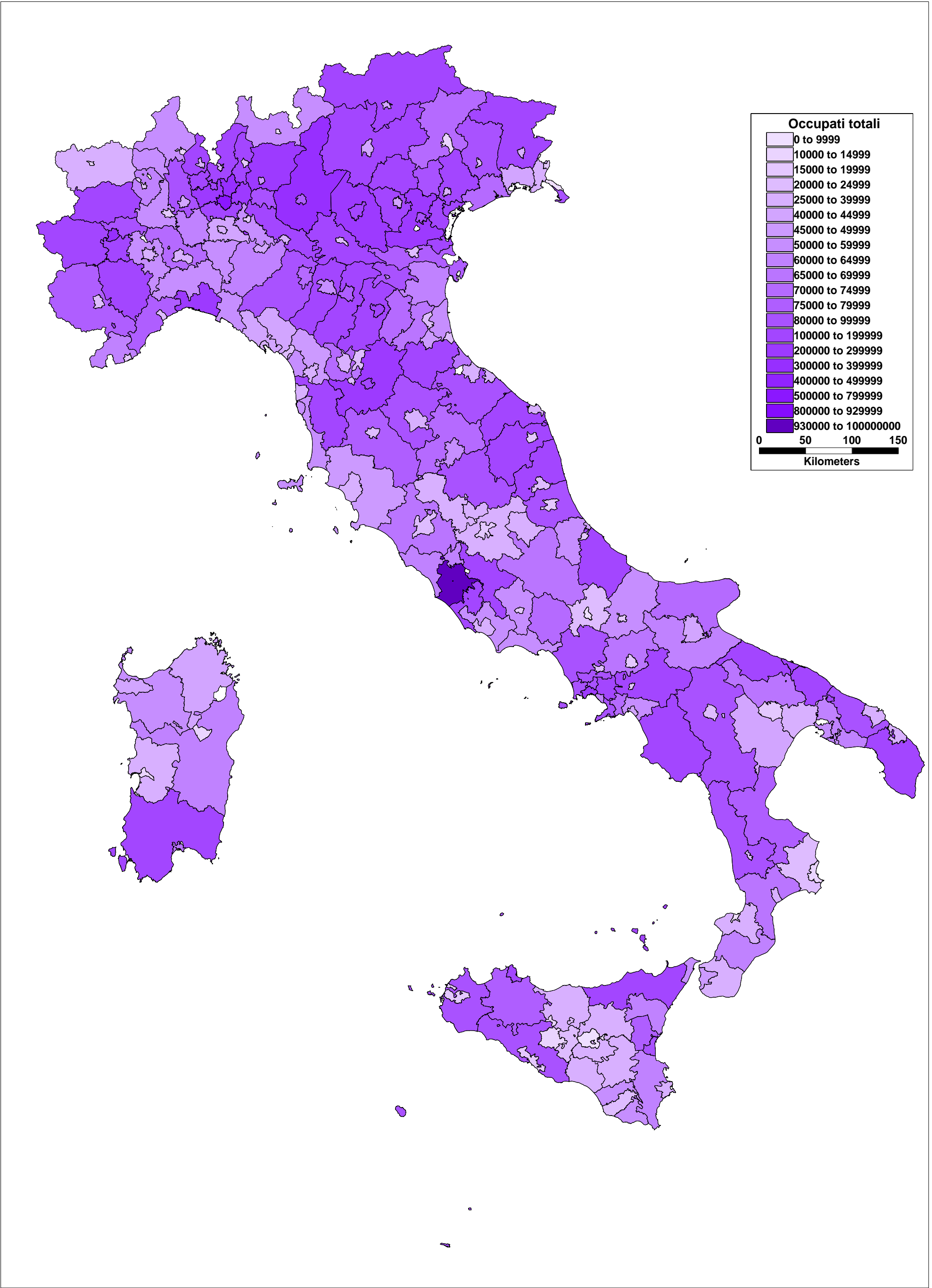
**Tavola 5.1 - Zonizzazione dell'area di studio: il territorio italiano**



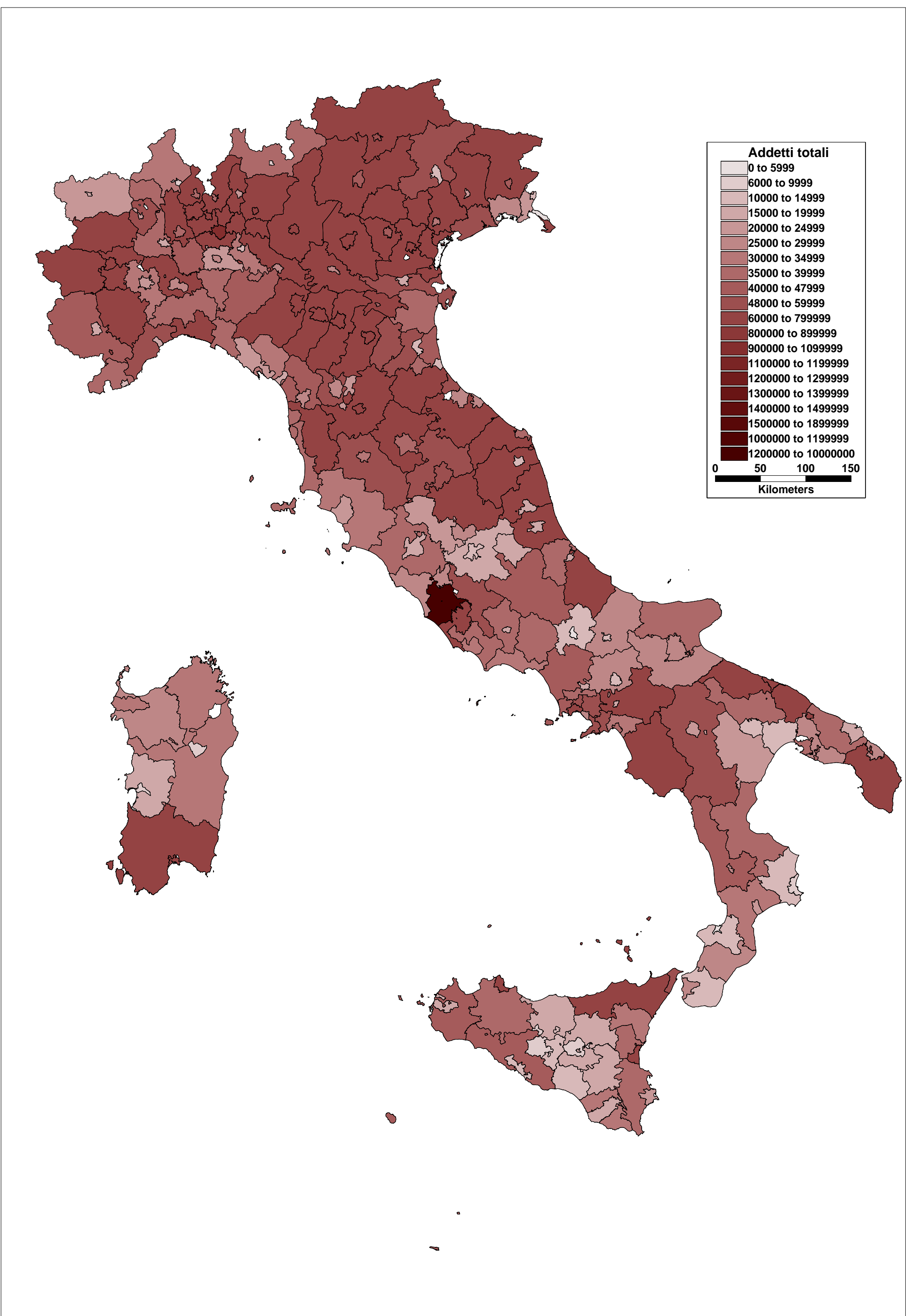
**Tavola 5.2 - Mappa tematica sulla distribuzione della popolazione nel territorio nazionale**



**Tavola 5.3 - Mappa tematica sulla distribuzione degli occupati nel territorio nazionale**



**Tavola 5.4 - Mappa tematica sulla distribuzione degli addetti nel territorio nazionale**



**Tavola 5.5 - Mappa tematica sulla distribuzione degli studenti universitari nel territorio nazionale**

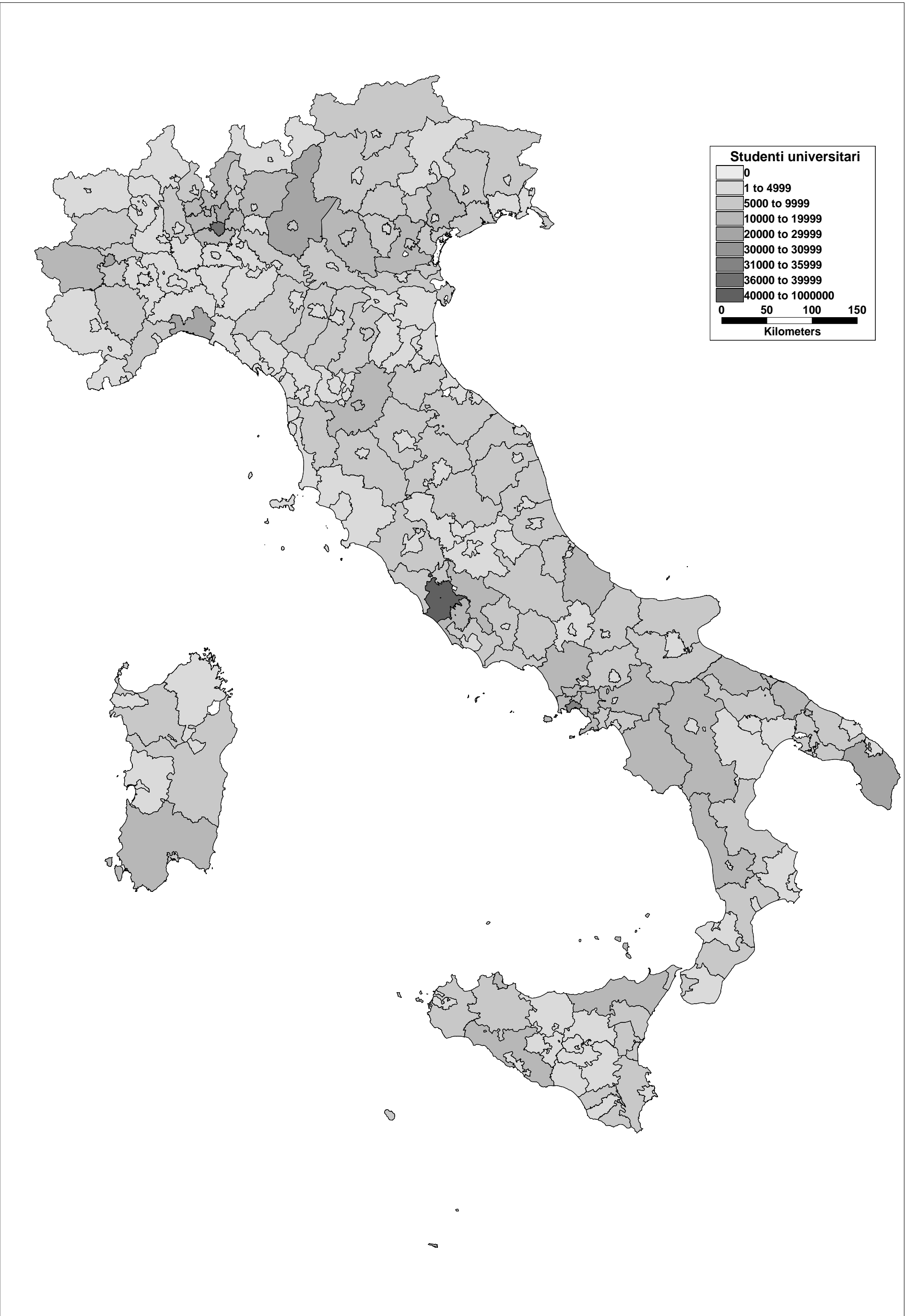
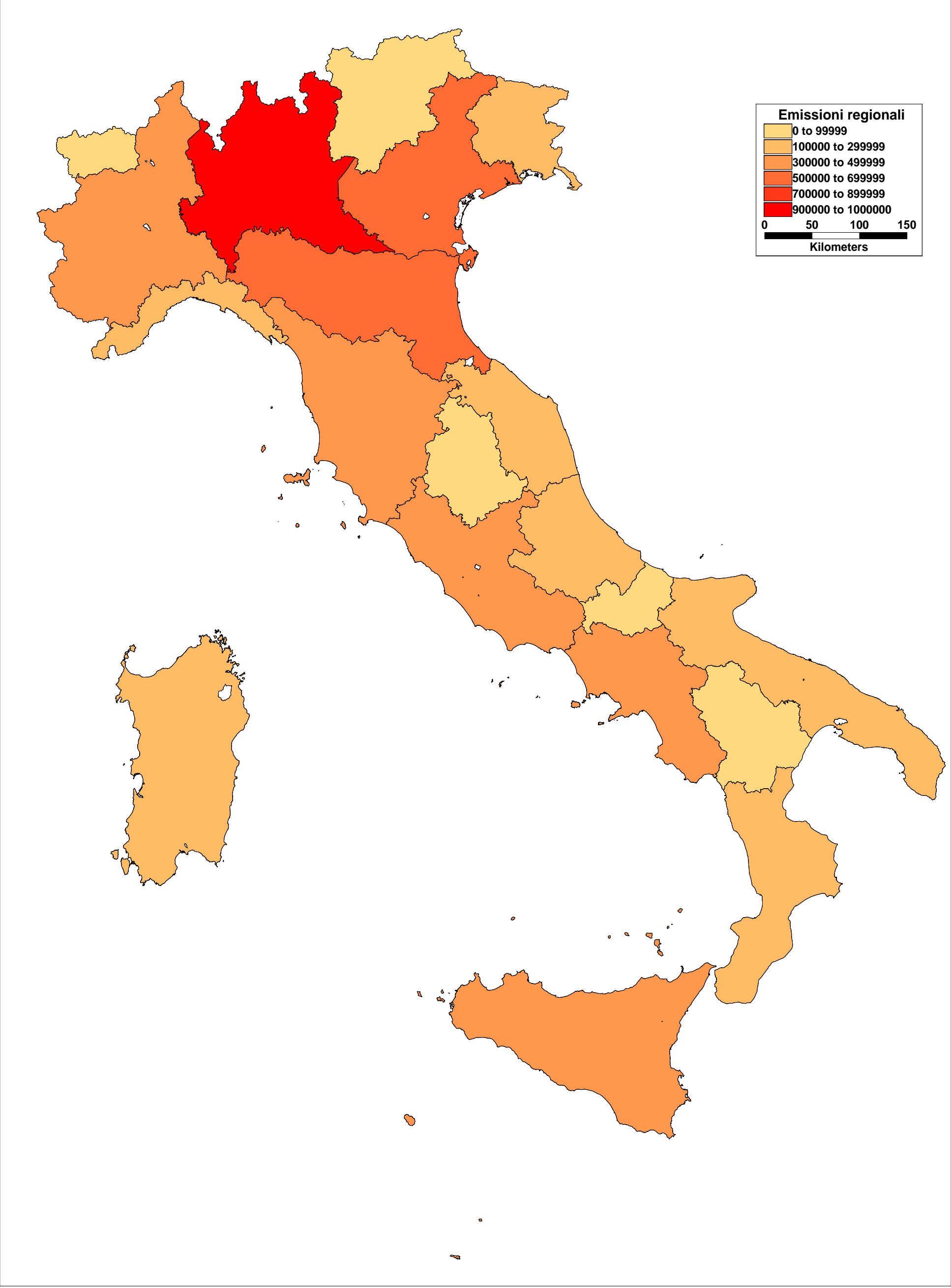
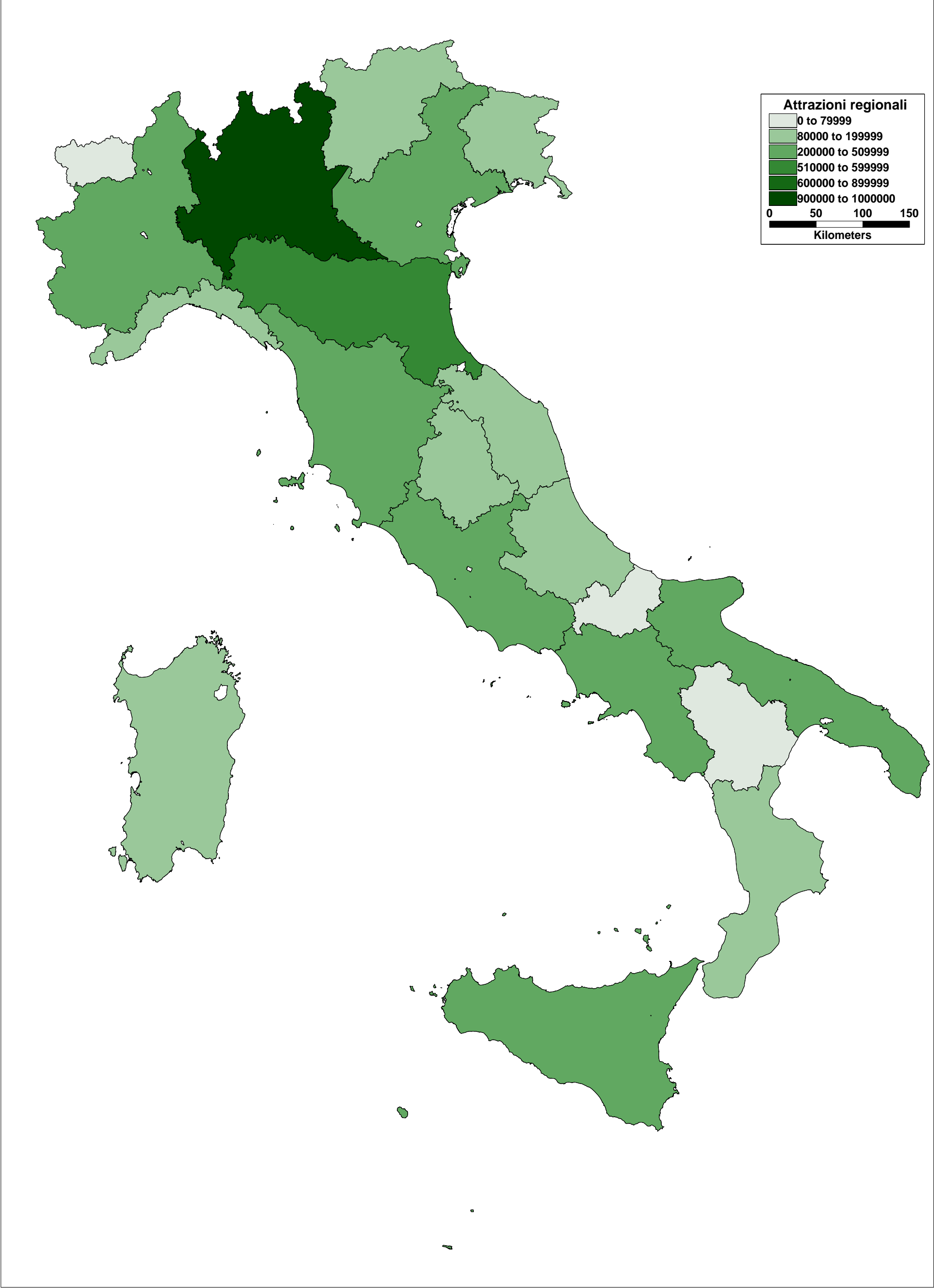


Tavola 5.6 - Mappa tematica dell'emissione regionale per tutti i modi





**Tavola 5.7 - Mappa tematica dell'attrazione regionale per tutti i motivi**

## 6. CONCLUSIONI

L'obiettivo di questa tesi è stato quello di descrivere ed applicare i metodi e i modelli per la stima della domanda di mobilità a scala nazionale. Questi modelli sono il fulcro dei sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS) per i quali è stata fornita una panoramica sui sistemi per la simulazione di livello nazionale. Lo stato dell'arte sui modelli nazionali (costruzione, evoluzione ed uso) ha avvalorato la tesi per cui l'ampliamento delle politiche sul trasporto nazionale, come la programmazione strategica degli investimenti per infrastrutture e servizi, implica l'adozione di strumenti analitici avanzati basati su metodi quantitativi, come i DSS. Ciò è stato riscontrato nell'esempio di applicazione riportato in questa tesi, dove per gentile concessione del Ministero dei Trasporti è stato possibile utilizzare il DSS italiano (SIMPT). L'applicazione alla domanda nazionale passeggeri di uno scenario futuro di progetto ha messo in evidenza gli effetti sulla variazione della domanda di mobilità nazionale dovuti all'implementazione di un dato scenario infrastrutturale (definito nei Piani programmatici di riferimento), che possono essere utilizzati per una verifica sui benefici indotti dall'adozione delle misure pianificate.

Una prima stima degli effetti di cui sopra è stata fatta a livello di sistema nazionale in termini di ripartizione modale degli spostamenti passeggeri nel giorno feriale medio a partire dall'ultimo scenario di riferimento disponibile (domanda ed offerta di trasporto al 2005).

Lo scenario di progetto definito all'orizzonte temporale 2012 è caratterizzato da una crescita tendenziale della domanda di circa il 15% (stimata attraverso un tasso di crescita della domanda agganciato alla crescita prevista del PIL) e dall'offerta di infrastrutture stradali e ferroviarie previste nei documenti di programmazione, tra cui si evidenzia il sistema ferroviario AV/AC.

L'analisi dei risultati in termini di variazione di ripartizione modale ha evidenziato una tendenza al riequilibrio modale verso la ferrovia valutabile in circa l'1,5% sul totale degli spostamenti nazionali, con variazioni più forti sulle direttrici direttamente influenzate dagli interventi di progetto, quali ad esempio la Firenze-Bologna-Milano, con indubbi vantaggi non

solo in termini di prestazioni del sistema dei trasporti (tempi di viaggio, ecc.) ma anche in termini di esternalità (sostenibilità ambientale, incidentalità stradale, ecc.).



## ALLEGATO A. Elenco degli interventi estrapolati dai documenti programmatici oggetto dello scenario di progetto

tipologia infrastruttura	fonte	tipologia intervento	toponimo infrastruttura	descrizione	stato avanzamento	regione appartenenza
strada	DPEF	ammodernamento e adeguamento	A 3	MACROLOTTO 1: Il tratto considerato, compreso fra il Km 53+800 (svincolo di Sicignano degli Alburni incluso) ed il Km 82+330 (svincolo di Atena Lucana escluso), ha un'estesa complessiva di 28,530 Km	consegna attività e lavori	campania-basilicata-calabria
strada	DPEF	ammodernamento e adeguamento		2° MACROLOTTO: dal Km.108+000 (svincolo di Padula - Bonabitacolo (SA) escluso) al Km 139+000 (Svincolo Lauria Nord incluso) ed ha un'estesa complessiva di 31,000 km.	lavori in corso, ultimazione	campania-basilicata-calabria
strada		ammodernamento e adeguamento		3° MACROLOTTO - parte I: Tronco 1° tratto 7° lotto 6° dal Km 139+000 (svincolo di Lauria Nord escluso) al Km 143+700 (Viadotto Piano della Menta). Tronco 1° - Tratto 7° - Lotto 7° dal Km 143+700 (viadotto Piano della Menta) al Km 148+000 (galleria Fossino)	progettazione definitiva per contraente generale	campania-basilicata-calabria
strada	DPEF e p.i. ANAS	ammodernamento e adeguamento		3° MACROLOTTO - parte II: - T 2, t 1, lotto 1, dal km 148+000 (galleria Fossino) al km 153+400 (svin.lo di Laino Borgo incluso) - T 2, t 1, lotto 2, stralcio 1, dal km 153+400 al km 159+000 (Viadotto Italia); - T 2, t 1, lotto 2, stralcio 2, dal km 159+000 al km 163+600; - T 2, t 2, lotto 1, stralcio 1, dal km 163+600 (svin.lo di Mormanno incluso) al km 169+100; - T 2, t 2, lotto 1, stralcio 2 dal km 169+100 al km 173+900	progettazione definitiva per prestazione integrata	campania-basilicata-calabria
strada	DPEF e p.i. ANAS	ammodernamento e adeguamento		MACROLOTTO 3 PARTE 3° - tronco 2, tratto 2, lotto 2, dal km 173+900 (svincolo di Campotenese incluso) al km 185+000	progetto definitivo per prestazione integrata	campania-basilicata-calabria
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera		MACROLOTTO 4 la tratta considerata è compresa tra il km 259+700 (svincolo di Cosenza escluso) ed il km 286+000 (svincolo di Altilia-Grimaldi incluso)	in corso la stesura definitiva del progetto	campania-basilicata-calabria

tipologia infrastruttura	fonte	tipologia intervento	toponimo infrastruttura	descrizione	stato avanzamento	regione appartenenza
strada	DPEF	ammodernamento		MACROLOTTO 4bis: tra il km 286+00 ed il Km 304+200 (svincolo di Falerna incluso) per un'estensione complessiva di 18,200 km.	lavori in corso di attuazione	campania-basilicata-calabria
strada	DPEF	ammodernamento		MACROLOTTO 5: tra il Km 393+500 (svincolo di Gioia Tauro) ed il km 423+300 (svincolo di Scilla) per un'estensione complessiva di 29,800 km.		campania-basilicata-calabria
strada	DPEF	ammodernamento		MACROLOTTO 6: tra il km 423+300 ed il km 442+920 (svincolo di Reggio Calabria incluso). L'estensione complessiva è di 19,620 km.	è in corso la redazione del progetto esecutivo	campania-basilicata-calabria
strada	DPEF	ammodernamento	SS 106 Jonica	MEGALOTTO 1 (S.Illario – Gioiosa): la tratta considerata è di 17 Km	i lavori sono in corso di finanziamento	calabria
strada	DPEF	ammodernamento		MEGALOTTO 2 (Squillace – Simeri)	progettazione esecutiva	calabria
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera	SS 182 Trasversale delle Serre	Tronco 5° Lotto 4°: Gagliato - svincolo Satriano - bretella Satriano	progettazione preliminare	calabria
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera		Tronco 5° Lotto 5°: svincolo Satriano - svincolo Soverato	progettazione preliminare	calabria
strada	DPEF e p.i. ANAS	completamento nuova opera		5° Tronco - Lotto 3° dalla S.P. per Argusto allo svincolo di Gagliato del Tronco 5 -Chiaravalle	progettazione esecutiva	calabria
strada	DPEF e p.i. ANAS	adeguamento	SS 534	SS.N.534 DI Gammarota e Degli Stompi.Adeguamento della SSV della Casmez per l'allacciamento della SS 106 alla A3 (bivio degli Stombi - SS 106 radd) - INTEGRAZIONE	progettazione preliminare	calabria
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera, variante	SS16	lotto 1°bis: lavori di costruzione della variante agli abitati di Montesilvano e Città S.Angelo. 1° stralcio carreggiata nord.	Il primo tratto cantierizzato e per lo più completato.	abruzzo
strada	DPEF	nuova opera, variante		lotto 2°: svincolo Città di Castello - svincolo San Silvi Marina sud	progettazione preliminare per inserimento nei programmi di finanziamento ANAS	abruzzo

tipologia infrastruttura	fonte	tipologia intervento	toponimo infrastruttura	descrizione	stato avanzamento	regione appartenenza
strada	DPEF	nuova opera, variante	SS16	lotto 3°: svincolo San Silvi Marina sud - svincolo San Silvi Marina nord	progettazione preliminare per inserimento nei programmi di finanziamento ANAS	abruzzo
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera		realizzazione di un nuovo svincolo allavariante in località Via Tirino	progettazione preliminare	abruzzo
strada	DPEF	potenziamento	SS7 e SS7 bis. Raccordo Salerno - Avellino	L'intervento prevede la realizzazione delle opere necessarie a conferire caratteristiche autostradali all'esistente raccordo Salerno-Avellino, compreso l'adeguamento della SS 7 e della SS7bis fino allo svincolo di Avellino est dell'A16, per un'estesa complessiva di 36 km, con ipotesi di pedaggiamento. 1° stralcio funzionale tra Mercato S.Severino e Fratte; e messa in sicurezza del tratto Fratte-Avellino.	progettazione preliminare	campania
strada	DPEF	adeguamento	SS 156	S.S.156 dei Monti Lepini rappresenta uno dei segmenti secondari del "Corridoio plurimodale tirrenico-nord Europa", in quanto assicura il collegamento dell'asse pontino all'autostrada A1. Il progetto comprende i seguenti 4 lotti:- il 1° lotto (Prossedi-Pontinia);- il 2° lotto (Pontinia-Sezze);- per il 3° lotto (Sezze-Latina) ed il 4° lotto (Frosinone-Prossedi)	1° lotto: in fase di ultimazione; 2° lotto: recentemente iniziati i lavori; 3° e 4° lotto: produzione progettazione	lazio
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera	SS 79	Direttrice Terni - Rieti. Per quanto riguarda il territorio umbro l'intervento consiste nella realizzazione del collegamento tra lo svincolo di Terni est e il confine regionale a Moggio, verso Rieti per una lunghezza di circa 10 Km, con il quale viene completato il raccordo autostradale Civitavecchia-Terni-Rieti.	progettazione preliminare	lazio - umbria

tipologia infrastruttura	fonte	tipologia intervento	toponimo infrastruttura	descrizione	stato avanzamento	regione appartenenza
strada	DPEF	nuova opera	BreBeMi	Autostrada Brescia-Bergamo-Milano.	completamento della fase di progettazione	lombardia
strada	DPEF	completamento opera esistente		tangenziale nord di Milano (Rho-Monza) e 3° corsia Milano Meda		lombardia
strada	DPEF	nuova opera		Collegamento Malpensa S.S. 527 – A4 (Boffalora) – S.S. 11	in corso di realizzazione	lombardia
strada	DPEF	nuova opera		Collegamento Lecco-Bergamo.	approvazione progetto preliminare	lombardia
strada	DPEF	nuova opera		Tangenziale di Varese: collegamento SS. nn° 342 / 233 / 344.	valutazione impatto ambientale	lombardia
strada	DPEF	adeguamento	A14	Realizzazione della terza corsia della A14 tra Rimini nord e Pedaso. L'intervento, della lunghezza complessiva di 160 km circa.	lavori parzialmente in corso (tratto Ancona sud – Civitanova Marche di 30 km) e progettazione esecutiva per i restanti 130 km	marche-emilia romagna
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera	E 78. Fano – Grosseto	asse viario Fano-Grosseto. L'itinerario è dell'estesa di 270 Km. L'itinerario è diviso nei seguenti tratti:- 170 km in Toscana per i tratti: 63 km Tratto 1 Grosseto-Siena, 48 km Tratto 2 Siena-Rigomagno, 25 km Tratto 3 Rigomagno-Nodo di Arezzo, 34 km Tratto 4 Nodo di Arezzo - Selci Lama (E45) - 14 km in Umbria e 53 km nelle Marche: 67 km Tratto 5 Selci Lama-S.Stefano di Gaifa - 33 km nelle Marche, in esercizio: 33 km Tratto 6 S.Stefano di Gaifa-Fano	è parzialmente già aperto al traffico, mentre il restante tracciato è in parte in corso di realizzazione, in parte in appalto ed in parte in fase di progettazione.	toscana-umbria-marche
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera		E/78 - sovrappasso ferroviario in localita' Pian delle Cortine e nuova uscita dalla strada a quattro corsie alla progressiva km 10+430 lato Bettole	progettazione esecutiva	toscana-umbria-marche

tipologia infrastruttura	fonte	tipologia intervento	toponimo infrastruttura	descrizione	stato avanzamento	regione appartenenza
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera	E 78. Fano – Grosseto	S.G.C. Grosseto – Fano – Realizzazione dello svincolo di Paganico nell’ambito dei lavori di completamento del lotto 2	progettazione preliminare	toscana-umbria-marche
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera		Tratto 1° Grosseto - Siena Lotti 5° - 6° - 7° - 8°	progettazione definitiva per prestazione integrata	toscana-umbria-marche
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera		Tratto 1° Grosseto - Siena Lotto 4°	progettazione definitiva per prestazione integrata	toscana-umbria-marche
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera		Tratto 1° Grosseto - Siena Lotto 9°	progettazione definitiva per prestazione integrata	toscana-umbria-marche
strada	DPEF	potenziamento	Tangenziale di Torino			piemonte
strada	DPEF e p.i. ANAS	completamento	SS 32	Tangenziale di Novara ( Lotto V – Interconnessione tra la SS.32 e la SP. 299).	studi di fattibilità	piemonte
strada	DPEF	ammodernamento e adeguamento	SS 16	Itinerario Foggia – Cerignola.La lunghezza complessiva è di 33,5 km.Il progetto è così suddiviso: 1. S.S. 16 Foggia-Incoronata 1° Lotto (dal km 682+000 al km 690+000); 2. S.S. 16 Incoronata - immissione. SS 161 2° Lotto (dal km 690+000 al km 700+000); 3. S.S. 16 immissione SS 161-Cerignola 3° Lotto (dal km 700+000 al km 709+000); 4. S.S. 16 Variante di Cerignola (dal km 709+000 al km 715+500).	1.lavori in corso; 2. aggiudicato con appalto integrato; 3. aggiudicato con appalto integrato; 4. i lavori sono in corso.	puglia
strada	DPEF	adeguamento	ss 7	SS. 7 - Brindisi-Grottaglie 6° lotto	progetto esecutivo è in corso di istruttoria	puglia

tipologia infrastruttura	fonte	tipologia intervento	toponimo infrastruttura	descrizione	stato avanzamento	regione appartenenza
strada	DPEF	adeguamento	SS 96 e SS 99	Bari-Matera -1° lotto (Altamura-Matera)	il progetto esecutivo è in corso di istruttoria	puglia-basilicata
strada	DPEF e p.i. ANAS	nuova opera	SS 291	SS 291 della Nurra – Sassari – Alghero/ Aeroporto Fertilia. L'opera consiste nella realizzazione della nuova SS 291 ed è articolata in 4 lotti funzionali con sezione tipo "B" extraurbana	1° lotto: progetto definitivo. 2° lotto: progetto esecutivo; 3° lotto: progetto esecutivo in corso; 4° lotto: progetto definitivo	sardegna
strada	DPEF	nuova opera	Superstrada Pedemontana Veneta	L'opera si sviluppa nel contesto del Corridoio europeo 5. Il progetto riguarda la realizzazione di una superstrada a pedaggio e si propone l'obiettivo di riordinare e riorganizzare l'intero sistema viario dell'intera area centrale veneta, congiungendo l'area vicentina a quella trevigiana, al fine di migliorare i livelli complessivi di qualità e di sicurezza in funzione delle esigenze della mobilità e dello sviluppo a livello locale, consentendo modifiche sostanziali all'assetto della mobilità stessa sull'intero Nord – Est.	approvato progetto preliminare. sono in corso le procedure di gara.	veneto
strada	DPEF	nuova opera	Passante autostradale di Mestre	L'intervento consiste nella realizzazione della variante autostradale di Mestre, tra le località Pianiga/Mirano (sulla A/4 Venezia-Padova) e Quarto d'Altino (sulla A/4 Venezia-Trieste), per uno sviluppo complessivo di circa 32,3 km, nonché nel riordino del sistema della viabilità ordinaria in funzione della nuova arteria, che si interconnette con la citata autostrada A/4 in corrispondenza delle barriere di Venezia Ovest e Venezia Est, nonché con l'autostrada A/27.	approvato progetto preliminare.	veneto

tipologia infrastruttura	fonte	tipologia intervento	toponimo infrastruttura	descrizione	stato	regione appartenenza
ferrovia	DPEF	Nuova linea	Nuova linea e a monte Vesuvio	La nuova linea a monte del Vesuvio rientra nel programma per la realizzazione di “bretelle” dedicate al traffico merci, con funzione di tangenziale per dirottarne i flussi al di fuori delle aree urbane. Costituisce anche un segmento dell’AV/AC verso Sud e permette ai treni passeggeri a lunga percorrenza di collegarsi a Napoli Centrale senza interessare la linea costiera Salerno - Napoli, che verrà prevalentemente dedicata ai treni a carattere regionale.	opere in corso	campania
ferrovia	DPEF	Nuova stazione	stazione AV/AC Napoli Afragola	Si trova a 3 km a Nord di Napoli e ha la funzione di nodo di scambio con le linee veloci verso sud e con i servizi ferroviari regionali.	opere in corso	campania
ferrovia	DPEF	Nuova stazione	stazione AV/AC di Bologna	Nodo AV/AC di Bologna . Costruzione di nuovo complesso integrato di stazione per le linee veloci in sotterranea. Inoltre necessita di Sistema di Comando e Controllo della circolazione e Apparati Centrali Statici	in fase di esecuzione	emilia romagna
ferrovia	DPEF	Nuova linea	AV/AC Bologna- Firenze	Lunghezza 78,5 km di cui il 93% in galleria. L'integrazione tra la nuova linea e la linea esistente sarà realizzata attraverso l'interconnessione di S. Ruffillo nell'area bolognese lunga circa 5 km	opere in corso	emilia romagna- toscana
ferrovia	DPEF	Nuova linea	AV/AC Roma- Napoli	Lunghezza 205 km di cui il 25% in galleria. L'integrazione tra la nuova linea e la linea esistente sarà realizzata attraverso tre interconnessioni a Frosinone, Cassino e Caserta, lunghe complessivamente 21 km. Al km 213 la linea è collegata direttamente con la linea AV/AC Napoli-Salerno.	Roma (Salone)- Napoli (Gricignano) attivata. Il resto è in corso di realizzazione	lazio - campania
ferrovia	DPEF	Nuova linea	AV/AC Milano- Bologna	Lunghezza 182 di cui solo 3,5 km in galleria. Il tracciato corre quanto più possibile in parallelo all'autostrada A1 o alla linea esistente. Ha 8 interconnessioni e lungo il percorso sarà realizzata una fermata nel comune di Reggio Emilia per il servizio passeggeri.	in corso di realizzazione	lombardia - emilia romagna

<b>tipologia infrastruttura</b>	<b>fonte</b>	<b>tipologia intervento</b>	<b>toponimo infrastruttura</b>	<b>descrizione</b>	<b>stato</b>	<b>regione appartenenza</b>
ferrovia	DPEF	Nuova linea	AV/AC Milano- Genova	Terzo valico dei Giovi. nuova linea a doppio binario che, partendo dal nodo di Genova e sviluppandosi sulle due direttrici Genova-Milano e Alessandria-Torino, si innesta sulle esistenti linee di collegamento Milano-Torino	progettazione definitiva. Opere prioritarie da avviare	lombardia - liguria
ferrovia	DPEF	Adeguamento stazione	stazione AV/AC Torino Porta Susa	Realizzazione del Passante ferroviario, quadruplicamento e interramento dei binari esistenti.	opere in corso	piemonte
ferrovia	DPEF	Nuova linea	AV/AC Torino – Milano	Lunghezza 125 di cui solo 4 km in galleria. Sono 5 le interconnessioni fra la linea AV/AC e quella esistente per circa 15 km di lunghezza totali.	Torino-Novara: lavori ultimati. Novara-Milano: in corso di realizzazione	piemonte - lombardia
ferrovia	DPEF	Nuova stazione	stazione AV/AC Firenze Belfiore	E' destinata a diventare il principale nodo di interscambio Il piano del ferro si trova a 25 m sotto il livello stradale.	opere in corso	piemonte



## **ALLEGATO B. Estratto del Decreto Ministeriale del 5-11-2001, “Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade”**

### **1. INTRODUZIONE**

In attuazione dell'art. 13 del D. L.vo 30 aprile 1992, n. 285 “Nuovo Codice della Strada” e successive modificazioni, il Ministro dei Lavori Pubblici emana le “Norme funzionali e geometriche per la costruzione, il controllo e il collaudo delle strade, dei relativi impianti e servizi”; dette norme, devono essere improntate anche alla sicurezza della circolazione di tutti gli utenti della strada, alla riduzione dell'inquinamento acustico ed atmosferico, ed al rispetto dell'ambiente e di immobili di notevole pregio architettonico o storico.

Per la redazione di queste norme il Ministro dei LL.PP. ha sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche.

## 2. CLASSIFICAZIONE DELLE STRADE E CRITERI COMPOSITIVI DELLA PIATTAFORMA

### 2.1. PREMESSA

Conformemente a quanto previsto all'art.2 del "Codice della strada" (D. L.vo 285/92 e suoi aggiornamenti successivi) le strade sono classificate, riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

- A: Autostrade (extraurbane ed urbane)
- B: Strade extraurbane principali
- C: Strade extraurbane secondarie
- D: Strade urbane di scorrimento
- E: Strade urbane di quartiere
- F: Strade locali (extraurbane ed urbane).

## *2.2. ELEMENTI COSTITUTIVI DELLO SPAZIO STRADALE*

Ai fini delle presenti norme e tenuto conto dell'art. 3 del Codice, le denominazioni degli spazi stradali hanno i seguenti significati (figura B.1):

- **BANCHINA:** parte della strada, libera da qualsiasi ostacolo (segnaletica verticale, delineatori di margine, dispositivi di ritenuta), compresa tra il margine della carreggiata e il più vicino tra i seguenti elementi longitudinali: marciapiede, spartitraffico, arginello, ciglio interno della cunetta, ciglio superiore della scarpata nei rilevati. Si distingue in: "Banchina in destra", che ha funzione di franco laterale destro. E' di norma pavimentata ed è sostituita, in talune tipologie di sezione, dalla corsia di emergenza: "Banchina in sinistra", che è la parte pavimentata del margine interno.
- **CARREGGIATA:** parte della strada destinata allo scorrimento dei veicoli; essa è composta da una o più corsie di marcia; è pavimentata ed è delimitata da strisce di margine (segnaletica orizzontale).
- **CONFINE STRADALE:** limite della proprietà stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato; in mancanza, il confine è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, ove esistenti, o dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea.

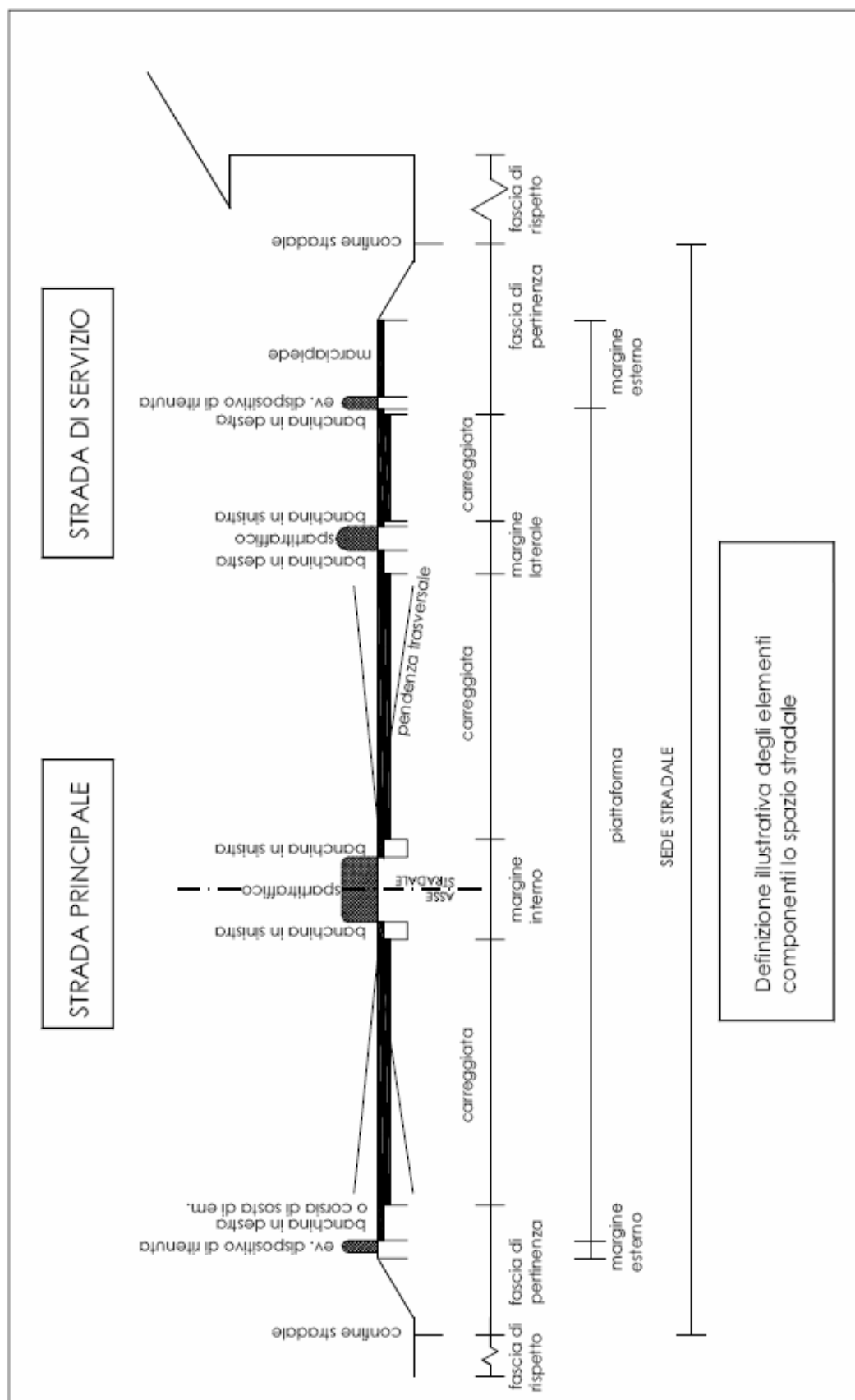


Figura B.1. Rappresentazione degli elementi costitutivi dello spazio stradale

- **CORSIA:** parte longitudinale della strada, normalmente delimitata da segnaletica orizzontale, di larghezza idonea a permettere il transito di una sola fila di veicoli. Si distingue in:
  - a) corsia di marcia: corsia facente parte della carreggiata, destinata alla normale percorrenza o al sorpasso;
  - b) corsia riservata: corsia di marcia destinata alla circolazione esclusiva di una o solo di alcune categorie di veicoli;
  - c) corsia specializzata: corsia destinata ai veicoli che si accingono ad effettuare determinate manovre, quali svolta, attraversamento, sorpasso, decelerazione, accelerazione, manovra per la sosta o che presentino basse velocità (corsia di arrampicamento) o altro;
  - d) corsia di emergenza: corsia, adiacente alla carreggiata, destinata alle soste di emergenza, al transito dei veicoli di soccorso ed, eccezionalmente, al movimento dei pedoni.
- **DISPOSITIVO DI RITENUTA:** Elemento tendente ad evitare la fuoriuscita dei veicoli dalla piattaforma o comunque a ridurne le conseguenze dannose. E' contenuto all'interno dello spartitraffico o del margine esterno alla piattaforma.
- **FASCIA DI PERTINENZA:** striscia di terreno compresa tra la carreggiata più esterna e il confine stradale. E' parte della proprietà stradale e può essere utilizzata solo per la realizzazione di altre parti della strada.
- **FASCIA DI RISPETTO:** striscia di terreno, esterna al confine stradale, sulla quale esistono vincoli alla realizzazione, da parte del proprietario del terreno, di scavi, costruzioni, recinzioni, piantagioni, depositi e simili. Per la larghezza vedere gli articoli 26, 27 e 28 del DPR 495/92.

- FASCIA DI SOSTA LATERALE: parte della strada adiacente alla carreggiata, separata da questa mediante striscia di margine discontinua e comprendente la fila degli stalli di sosta e la relativa corsia di manovra.
- MARCIAPIEDE: parte della strada, esterna alla carreggiata, rialzata o altrimenti delimitata e protetta, destinata ai pedoni.
- MARGINE INTERNO: parte della piattaforma che separa carreggiate percorse in senso opposto.
- MARGINE LATERALE: parte della piattaforma che separa carreggiate percorse nello stesso senso.
- MARGINE ESTERNO: parte della sede stradale, esterna alla piattaforma, nella quale trovano sede cigli, cunette, arginelli, marciapiedi e gli elementi di sicurezza o di arredo (dispositivi di ritenuta, parapetti sostegni, ecc.).
- PARCHEGGIO: area o infrastruttura posta fuori della carreggiata, destinata alla sosta regolamentata o non dei veicoli.
- PIATTAFORMA: parte della sede stradale che comprende i seguenti elementi:
  - a) una o più carreggiate complanari, di cui la corsia costituisce il modulo fondamentale;
  - b) le banchine in destra e in sinistra;
  - c) i margini (eventuali) interno e laterale (comprensivi delle banchine);
  - d) le corsie riservate, le corsie specializzate, le fasce di sosta laterale e le piazzole di sosta o di fermata dei mezzi pubblici (se esistenti).

Non rientra nella piattaforma il margine esterno.

- SEDE STRADALE: superficie compresa entro i confini stradali.
- SEDE TRANVIARIA: parte longitudinale della strada, opportunamente delimitata, riservata alla circolazione dei tram e dei veicoli assimilabili.
- SPARTITRAFFICO: parte non carrabile del margine interno o laterale, destinata alla separazione fisica di correnti veicolari. Comprende anche lo spazio destinato al funzionamento (deformazione permanente) dei dispositivi di ritenuta.
- STRADA DI SERVIZIO: strada affiancata ad una strada principale (tipo A, B e D), avente la funzione di consentire la sosta ed il raggruppamento degli accessi dalle proprietà laterali alla strada principale e viceversa, nonché il movimento e le manovre dei veicoli non ammessi sulla strada principale stessa.
- STRADA EXTRAURBANA: strada esterna ai centri abitati.
- STRADA URBANA: strada interna ad un centro abitato.

Gli spazi stradali associati alle diverse categorie di traffico sono individuati nella figura B.2., relativa alla piattaforma corrente.

TAB. 3.3.b - SPAZI DA ASSEGNARE IN PIATTAFORMA ALLE CATEGORIE DI TRAFFICO

		TIPI SECONDO IL CODICE	AMBITO TERRITORIALE	DENOMINAZIONE	CATEGORIE DI TRAFFICO													
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO		PEDONI	○	○	VEICOLI A BRACCIA E A TRAZIONE ANIMALE	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SOSTA	ACCESSI PRIVATI DIRETTI
				STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	1	1	1	1	○	○	3	○	○
				STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	5	5	1	1-7	1	1	1	1	1	1	○	1/5-3	4	8
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	URBANO		STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	1	1	1	1	○	○	3	○	○
				STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	6	5	1	1-7	1	1	1-2	1	1	1	1-2-4	1/5-3	4	8
				STRADA PRINCIPALE	○	○	○	○	○	1	1	1	1	○	○	1/5	4	○
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	EXTRAURBANO		STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	5	5	1	1-7	1	1	1	1	1	1	○	1/5	4	8
				STRADA PRINCIPALE	5	1/5	1	1-7	1	1	1	1	1	1	1-2	1/5	4	8
				STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	5	○	○	7	1	1	1	1	1	1	○	1/5	○	○
URBANA DI SCORRIMENTO	D	URBANO		STRADA PRINCIPALE	6	○	○	○	○	1	1	1	1	1	○	1/5	○	○
				STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	6	1/5	1	1-7	1	1	1-2	1	1	1	1-2-4	1/5	4	8
				STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	6	1	1	1-7	1	1	1-2	1	1	1	1-2-4	1/5	4	8
URBANA DI QUARTIERE	E	URBANO		STRADA PRINCIPALE	6	1	1	1-7	1	1	1-2	1	1	1	1-2-4	1/5	4	8
				STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	6	1	1	1-7	1	1	1-2	1	1	1	1-2-4	1/5	4	8
				STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	6	1	1	1-7	1	1	1-2	1	1	1	1-2-4	1/5	4	8
LOCALE	F	EXTRAURBANO		STRADA PRINCIPALE	5	1	1	1-7	1	1	1	1	1	1	○	1/5	4	8
				STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	5	1	1	1-7	1	1	1	1	1	1	○	1/5	4	8
				STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	6	1	1	1-7	1	1	1-2	1	○	1	1-2-4	1/5	4	8

1) CORSIA  
2) CORSIA RISERVATA  
3) CORSIA DI EMERGENZA

7) PISTA CICLABILE  
8) PASSI CARRABILI  
15 IN BANCHINA PER QUANTO POSSIBILE

4) IN APPOSTI SPAZI  
5) BANCHINA  
6) MARCIAPIEDE

○ COMPONENTE DI TRAFFICO NON AMMESSA

1) CORSIA  
2) CORSIA RISERVATA  
3) CORSIA DI EMERGENZA

4) IN ADPOSITI SPAZI  
5) BANCHINA  
6) MARCIAPIEDE

7) POSTA CICLABILE  
8) PASSI CARRABILI  
1/5 IN BANCHINA PER QUANTO POSSIBILE

○ COMPONENTE DI TRAFFICO NON AMMESSA

Figura B.2. Tabella rappresentante degli spazi stradali associati alle diverse categorie di traffico



### *2.3. ESEMPI DI ORGANIZZAZIONE DELLA PIATTAFORMA STRADALE*

Per esplicitare il significato delle indicazioni contenute nel paragrafo precedente, vengono rappresentati nelle figure B.3 – B.9. una serie di esempi di piattaforma stradale risultanti dalla composizione di alcuni degli elementi modulari già definiti. Le piattaforme rappresentate, sono quelle ritenute di più frequente applicazione, ma non le uniche che derivino dalle possibili combinazioni degli elementi modulari.

Per ogni tipo di strada viene proposta come soluzione base la configurazione minima prevista dal Codice; i successivi casi presentati riguardano piattaforme nelle quali sono stati aggiunti alcuni elementi modulari integrativi, la cui presenza o meno dovrà essere definita dal progettista in relazione all'ambito territoriale e all'utenza prevista.

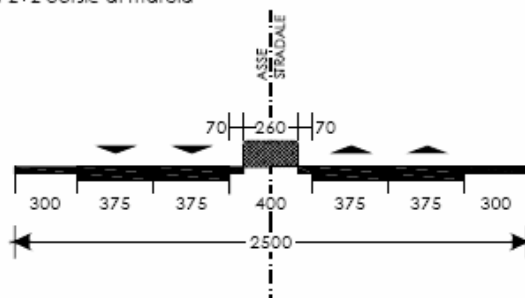
# CATEGORIA A      AUTOSTRADE

## AMBITO EXTRAURBANO

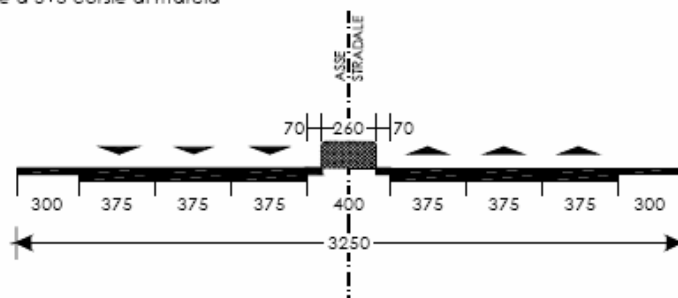
Principale  
Vp min. 90  
Vp max. 140

Servizio  
Vp min. 40  
Vp max. 100

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con  
strade di servizio a 1 o 2 corsie di marcia

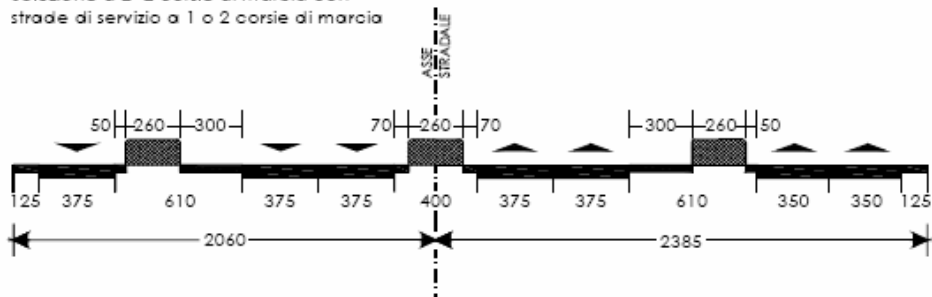
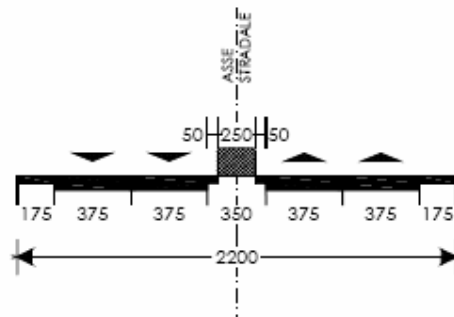


Figura B.3. Caratteristiche geometriche delle piattaforme stradali di tipo A

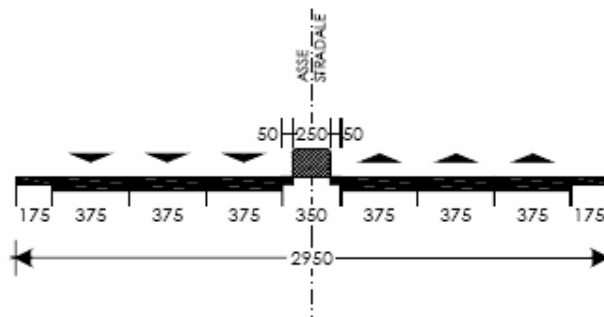
## CATEGORIA B EXTRAURBANE PRINCIPALI

Principale	Servizio
Vp min. 70	Vp min. 40
Vp max. 120	Vp max. 100

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con  
strade di servizio a 1 o 2 corsie di marcia

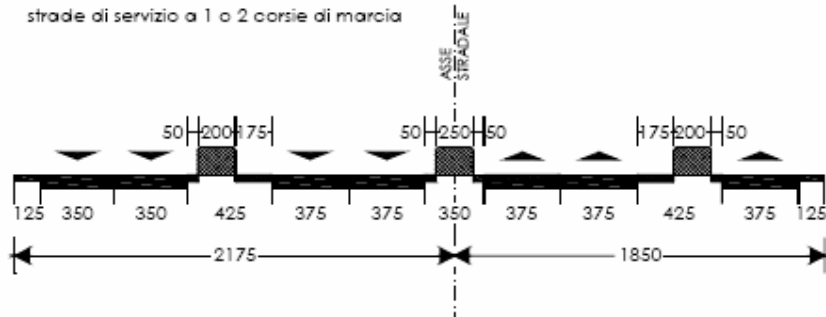


Figura B.4. Caratteristiche geometriche delle piattaforme stradali di tipo B

# CATEGORIA C

# EXTRAURBANE SECONDARIE

Principale  
Vp min. 60  
Vp max. 100

Soluzione base 2 corsie di marcia

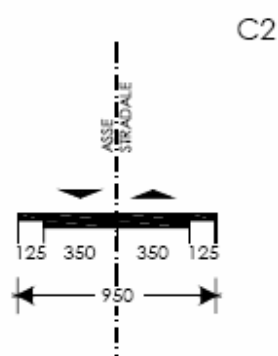
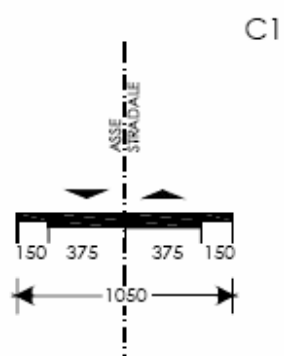
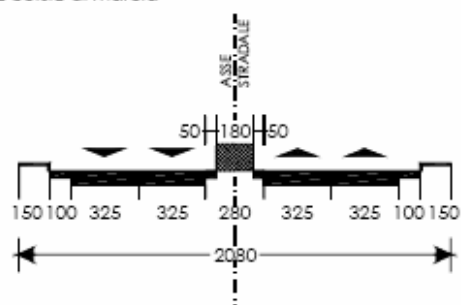


Figura B.5. Caratteristiche geometriche delle piattaforme stradali di tipo C

## CATEGORIA D URBANE DI SCORRIMENTO

Principale	Servizio
Vp min. 50	Vp min. 25
Vp max. 80	Vp max. 60

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia



Soluzione a 3+3 corsie di marcia

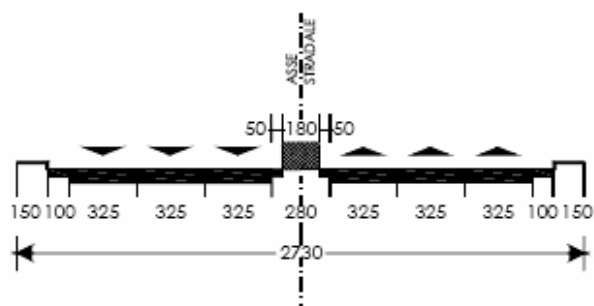
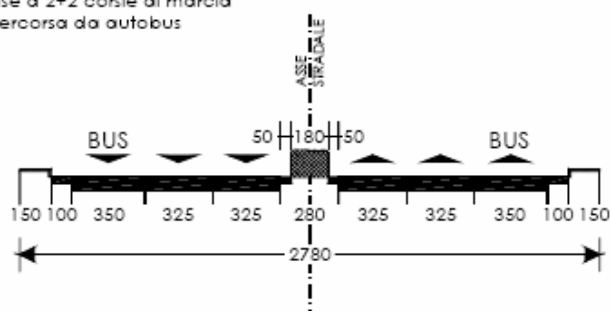


Figura B.6. Caratteristiche geometriche delle piattaforme stradali di tipo D

## CATEGORIA D URBANE DI SCORRIMENTO

Principale	Servizio
Vp min. 50	Vp min. 25
Vp max. 80	Vp max. 60

Soluzione base a 2+2 corsie di marcia  
con corsia percorsa da autobus



Soluzione a 2+2 corsie di marcia con  
strade di servizio ad 1 o 2 corsie di marcia  
di cui 1 percorsa da autobus

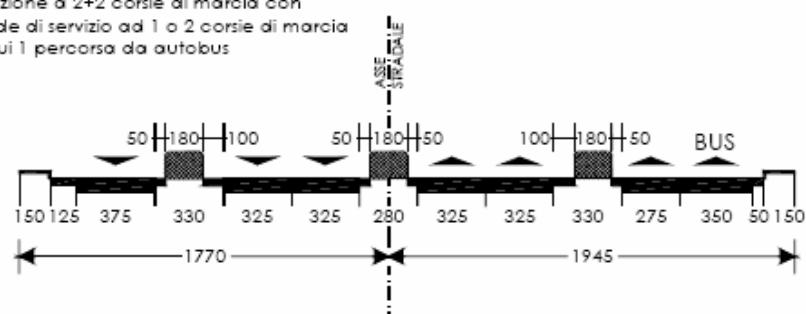
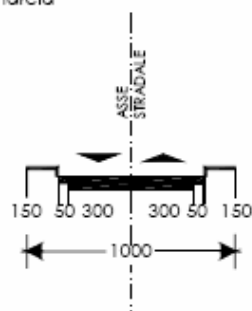


Figura B.7. Caratteristiche geometriche delle piattaforme stradali di tipo D

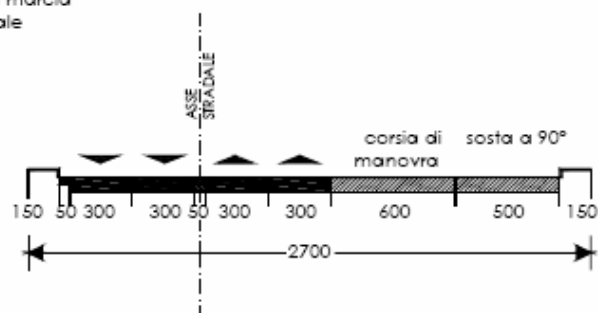
## CATEGORIA E URBANE DI QUARTIERE

Principale  
Vp min. 40  
Vp max. 60

Soluzione base a 1+1 corsie di marcia



Soluzione a 2+2 corsie di marcia  
con fascia di sosta laterale



Soluzione a 2+2 corsie di marcia  
di cui 1+1 percorsa da autobus

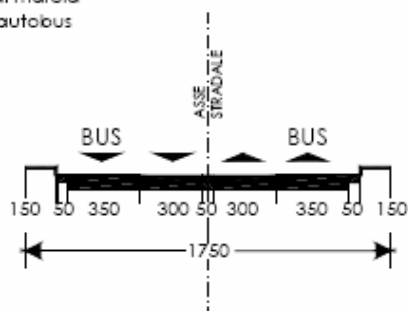


Figura B.8. Caratteristiche geometriche delle piattaforme stradali di tipo E

## CATEGORIA F LOCALI

### AMBITO EXTRAURBANO

Principale  
Vp min. 40  
Vp max. 100

Soluzione base a 2 corsie di marcia

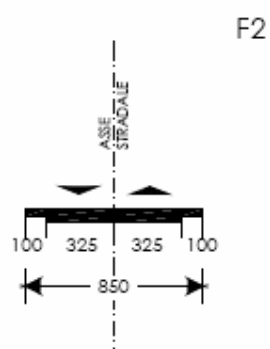
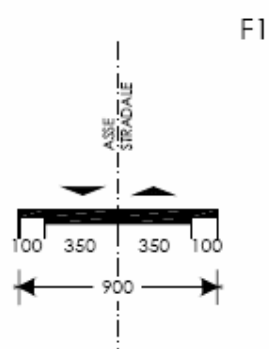


Figura B.9. Caratteristiche geometriche delle piattaforme stradali di tipo F



## BIBLIOGRAFIA

A. Daly, P. Sillaparcharn, "National Traffic Forecasting Models in Europe and Elsewhere", OECD September 2004 Paris

A. Nuzzolo, U. Crisalli, "Il ruolo dei Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS) per la Pianificazione ed il Monitoraggio dei Trasporti", Conferenza al Ministero dei Trasporti, Luglio 2008

ANAS, "Piano degli investimenti. Elenco opere infrastrutturali di nuova realizzazione per l'anno 2007 con proiezione programmatica fino al 2011", Luglio 2007

Camera dei Deputati, "Le Infrastrutture Strategiche in Italia: l'attuazione della "legge Obiettivo". Rapporto per la VIII Commissione ambiente, territorio e lavori pubblici", XIV Legislatura, Maggio 2004

Commissione Europea, "Libro Bianco. La politica europea dei trasporti al 2010: il momento delle scelte", 2001

Commissione Europea, "Libro Verde. Verso una nuova cultura della mobilità urbana", Bruxelles, Settembre 2007

Commissione Europea, "Regional Transport Action Plan for Mediterranean Region 2007-2013", Ottobre 2007

Dft, "Modelling and forecasting using the National Transport Model"

Dft, "National Transport Model (NTM)

E. Cascetta, "Functional architecture and data base of the DSS for Transport Policy and Investments in Italy" 7th WCTR Sydney 1995

E. Cascetta, "Modelli per i Sistemi di trasporto. Teoria ed Applicazioni", UTETUniversità, 2006

E. Cascetta, "The Italian decision Support System for Transportation Policies and Investments", 7th WCTR Sydney 1995

ENAC, "Contratto di Programma ENAC/GESAC 2009-2012"

ENAC, "Masterplan-Aeroporto Internazionale di Napoli (Relazione Tecnico-Descrittiva)", Maggio 2008

European Commission, DG for Energy and Transport, "Pan-Eurostar. Final Report- Developments and Activities between 1994 and 2003/Forecast until 2010"

European Commission, DG for Energy and Transport, "TEN-T Trans-European Transport Network- Implementation of the Priority Projects. Progress Report (Progress Report)", Informal Transport Council, Brdo, May 2008

European Commission, DG for Energy and Transport, "Trans-European Transport Network- TEN-T Priority Axes and Projects 2005", 2005

Gruppo Ferrovie dello Stato, "Piano Industriale 2007-2011", Maggio 2007

H. Button, "Handbook of Transport Modelling, 2000 Elsevier, Cap. 25 A. Daly "National Models"

H. F. Gunn, "An Overview of European National Models", Stockholm seminar 1998, National Transport Models

H. Gunn, "The Netherlands National Model: a Review of Seven Years of Application", Pergamon

K-S. Kim, H.-J. Cho, "National Modelling for Passenger Trips in Korea", vol. 5, pp. 2470-2484 of "Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005

L. Lundqvist, L-G. Mattsson, "National Transport Models. Recent Developments and Prospects", Springer edition, 2001

Libreria del SIMPT, "Domanda di Trasporto Passeggeri. Modelli Estivi. Appendice", Febbraio 1996

Libreria del SIMPT, "Domanda di Trasporto Passeggeri. Modelli Estivi", integrazione Marzo 1996

Libreria del SIMPT, "Domanda di Trasporto Passeggeri. Modelli Invernali. Appendice", Febbraio 1996

Libreria del SIMPT, "Domanda di Trasporto Passeggeri. Modelli Invernali", Marzo 1996

Libreria del SIMPT, "Il Calcolo degli Attributi di Livello di Servizio per le Modalità di Trasporto Collettivo Passeggeri"

Libreria del SIMPT, "La calibrazione Aggregata dei Modelli di Domanda Passeggeri"

Libreria del SIMPT, "La Procedura di Stima della Domanda Passeggeri"

M. Rannem, "The Norwegian National Transport Plan (NTP)"

Ministero dei Trasporti, "Linee guida al Piano Generale della Mobilità", Ottobre 2007

Ministero dei Trasporti, “Piano Generale dei Trasporti e della Logistica”, Gennaio 2001

Ministero dell’Economia e delle Finanze, “Documento di Programmazione Economico-Finanziaria per gli anni 2008-2011”, Giugno 2007

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e Ferrovie dello Stato, “Corridoio VIII. Analisi del tracciato ferroviario”

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, “Master Plan delle Infrastrutture Prioritarie”, aggiornamento Aprile 2008

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, “Piano per la Logistica. Un programma di settore per la competitività del sistema paese”, Gennaio 2006

Ministero delle Infrastrutture, “Programma Operativo Nazionale-Reti e Mobilità. Obiettivo convergenza 2007-2013”, Novembre 2007

Ministero dello Sviluppo Economico, Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e di Coesione, “Quadro strategico nazionale per la politica regionale di sviluppo 2007-2013”, Dicembre 2006

Ministero dello Sviluppo Economico, Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e di Coesione, “Documento Strategico Mezzogiorno. Linee Guida per un nuovo programma Mezzogiorno 2007-2013”, Dicembre 2005

P. Isola, L. Marasco, “SIMPT: Il sistema Informativo per il Monitoraggio e la Pianificazione dei Trasporti”, MobilityLab 12

P. Sillaparcharn, “National Transport Modelling: General Approach and Application to Thailand”, UTSG January 2005 Bristol

RFI, "Rete AV/AC-Analisi dei Costi", Marzo 2007

RFI; "Evoluzione del sistema ferroviario", Marsiglia, Marzo 2005

### ***SITI INTERNET***

[www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)

[www.enac.it](http://www.enac.it)

[www.infrastrutture.gov.it](http://www.infrastrutture.gov.it)

[www.isfort.it](http://www.isfort.it)

[www.otisnordovest.it](http://www.otisnordovest.it)

[www.rfi.it](http://www.rfi.it)

[www.stradeanas.it](http://www.stradeanas.it)

[www.trasporti.gov.it](http://www.trasporti.gov.it)